

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra telekomunikační techniky

**Experimentální studium vlastností kvazijednomódových
optických vláken**

Experimental Study of Quasi-single Mode Fibers

2014/2015

Marián Kvašňovský

Zadání bakalářské práce

Student: **Marián Kvašňovský**

Studijní program: B2647 Informační a komunikační technologie

Studijní obor: 2601R013 Telekomunikační technika

Téma: Experimentální studium vlastností kvazijednomódových optických vláken
Experimental Study of Quasi-single Mode Fibers

Zásady pro vypracování:

Kvazijednomódová vlákna tvoří skupinu optických vláken s omezeným módovým souborem. Jejich možné aplikace představují módové konvertory a zejména vláknové optické senzory. Cílem práce je experimentálně ověřit rozložení světla po průřezu takových vláken.

1. Popište módy optického vlákna.
2. Sestavte experimentální uspořádání pro fotografický záznam světelné stopy optickým mikroskopem.
3. Srovnajte jednotlivé módové stopy pro různé typy optických vláken a vlnové délky.

Seznam doporučené odborné literatury:


Podle pokynů vedoucího bakalářské práce.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **prof. RNDr. Vladimír Vašínek, CSc.**


Datum zadání: 01.09.2014

Datum odevzdání: 07.05.2015



doc. Ing. Miroslav Vozňák, Ph.D.
vedoucí katedry



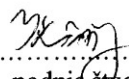


prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prehlásenie študenta

Prehlasujem, že som túto bakalársku prácu vypracoval samostatne. Uviedol som všetky literárne pramene a publikácie, z ktorých som čerpal.

V Ostrave dňa: 4. mája 2015


.....
podpis študenta

Pod'akovanie

Rád by som pod'akoval prof. RNDr. Vladimírovi Vašínkovi, CSc za odbornú pomoc a konzultáciu pri vytváraní tejto bakalárskej práce.

Abstrakt

Bakalárska práca sa zaoberá kvázi-jednovidovými vláknami a ich vlastnosťami pri rôznom druhu mechanického namáhania, rôznych vlnových dĺžkach, rôznych výkonoch ktoré boli naviazane do vlákna pričom boli testované 2 druhy vlákien. Jedno s priemerom jadro/plášť 62,5/125 μm a druhé 50/125 μm . A teda hlavným cieľom je skúmanie vlastností šírenia svetla v daných vláknach pri rôznych podmienkach a vzájomné porovnanie týchto vlákien. Samozrejme ďalšou časťou je analýza a spracovanie dát. V úvode sa nachádza teoretický popis základných pojmov spojených so šírením svetla v optickom vlákne, a popis optických vlákien.

Kľúčové slová

Šírenie svetla v optických vláknach, kvázi-jednomodové optické vlákna, mechanické namáhanie, vlastnosti kvázi-jednomodových vlákien,

Abstract

Bachelor thesis is focused on quasi single-mode fibers and their features with different kind of mechanical strain, various wavelengths, and various outputs which were bound to the fibres. Two kinds of fibres were tested. One with the average core/coat 62,5/125 μm and second with 50/125 μm . The main aim is to research features of light distribution in given fibers under various conditions and mutual comparison these fibers. Obviously, the next part is focused on analysis and data processing. Theoretical description of the basic concepts involved in the propagation of light in optical fiber and optical fiber description is contained in the introduction.

Key words

light distribution in mode fibers, quasi-single mode fibers, mechanical strain, features of quasi-single mode fibers

Zoznam použitých symbolov

Symbol	Jednotky	Význam symbolu
P1	watt	vstupný svetelný výkon
P2	watt	výstupný svetelný výkon
T	sekunda	perióda
a	dB/km	útlm
c	m/s	rýchlosť šírenia svetla
f	Hz	frekvencia
m	meter	vzdialenosť
mm	milimeter	vzdialenosť
n	°	index lomu
s	sekunda	čas
v	Km/s	rýchlosť svetla v prostredí
λ	nm	vlnová dĺžka
°	stupne	teplota
°	stupne	uhol

Zoznam použitých skratiek

Skratka	Význam
Gbit	Gigabit
Hz	Hertz
IR	Infračervené svetlo
LED	Luminiscenčná dióda
MFD	Mode field diameter - priemer módového poľa
MHz	Megahertz
MMF	Multi mode fibers (mnohomodove vlákna)
NA	Numerická apertúra
NA_t	Teoretická numerická apertúra
PC	Počítač
RGB	Červená, zelená, modrá
USB	Univerzálna sériová zbernica
UV	Ultrafialové svetlo
SMF	Single mode fibers – jednomodove vlákno
THz	Tera hertz
VIS	Viditeľné svetlo
Km	Kilometer
mA	Miliampér
nm	Nanometer
n₁	Index lomu jadra
n₂	Index lomu plášťa
s	Sekunda
°C	Stupne celzia
μm	Mikro metre

Obsah

Úvod.....	- 11 -
1 Základné pojmy.....	- 12 -
1.1 Čo je to svetlo ?.....	- 12 -
1.2 Vlnová dĺžka	- 12 -
1.3 Šírenie svetla	- 13 -
1.4 Optické vlákno	- 13 -
1.5 Fresnelov odraz	- 13 -
1.6 Numerická apertúra	- 14 -
1.7 Útlm svetelného signálu v optickom vlákne	- 15 -
2 Optické vlákna.....	- 16 -
2.1 Jednovidove optické vlákna	- 16 -
2.1.1 Hlavné vlastnosti mnohovidových vlákien:	- 17 -
2.1.2 Zložitejšie usporiadanie plášťa jednovidového vlákna :	- 17 -
2.2 Mnohovidove vlákna.....	- 18 -
2.2.1 Hlavné vlastnosti mnohovidových vlákien:	- 19 -
2.3 Kvázi-jednovidove vlákna.....	- 19 -
3 Vizualizačný systém.....	- 20 -
3.1 Mikroskop	- 20 -
3.1.1 TECHNIKKÉ ÚDAJE:	- 21 -
3.2 Digitálna kamera CMOS 550.....	- 23 -
3.2.1 TECHNIKKÉ ÚDAJE CMOS 550:	- 23 -
3.3 Softvér	- 24 -
3.3.1 Tsview	- 24 -
3.3.2 Adobe Photoshop 7.0 CE	- 24 -
4 Postup práce	- 25 -
4.1 Sústava na uchopenie konektorov	- 25 -
4.2 Vázobná optika a sústava na ohýbanie optického kábla	- 26 -
4.3 Zdroj a meracie prístroje	- 27 -
4.4 Postup merania	- 27 -

5	Výsledky a analýza zhotovených snímkou	- 28 -
5.1	Porovnanie na základe vlnovej dĺžky pri vlákne 62,5/125	- 28 -
5.1.1	Vyhodnotenie	- 31 -
5.2	Porovnanie na základe zakrivenia pri vlákne 62,5/125	- 31 -
5.2.1	Vyhodnotenie	- 36 -
5.3	Porovnanie vlákien 62,5/125 a 50/125 na základe úrovne prúdu.....	- 36 -
5.3.1	Vyhodnotenie	- 40 -
5.4	Porovnanie vlákien 62,5/125 a 50/125 na základe útlmu na ohybe	- 40 -
5.4.1	Vyhodnotenie	- 45 -
5.5	Porovnanie na základe vlnovej dĺžky pri vlákne 50/125 a 62,5/125	- 45 -
5.5.1	Biela LED.....	- 45 -
5.5.2	Červená LED.....	- 45 -
5.5.3	Infračervená LED	- 46 -
5.5.4	Modrá LED.....	- 46 -
5.5.5	Zelená LED	- 46 -
5.5.6	Vyhodnotenie	- 46 -
5.6	Porovnanie na základe zakrivenia pri vlákne 50/125 a 62,5/125	- 46 -
	Záver	- 51 -
	Použitá literatúra	- 52 -
	Zoznam príloh	- 53 -

Úvod

Optické vlákna, ktorých technológia výroby sa stále zdokonaľuje sú aplikované čoraz častejšie a vzhľadom na to sú potrebné rôzne špecifické vlastnosti optických vlákien. Pre súčasný prenos informácii a zároveň aj ako optický senzor je vyvinuté špeciálne kvázi-jednovidové vlákno. Ako kvázi-jednovidové optické vlákno je označované také vlákno, ktoré pracuje za hranicou jednovidovosti, respektíve podporuje šírenie viac vidov, typicky 2-6. Príčinou je špeciálny atypický profil vlákna. V tomto prípade sa jedná o optovláknové senzory založené na prerozdeľovaní optického výkonu medzi niekoľko vidmi. A práve táto bakalárska práca sa zaoberá vlastnostiam šírenia svetla pri podporovaní viacvidového režimu vlákna. Bakalárska práca je rozdelená na viacero častí.

V prvej časti sa nachádza oboznámenie zo základnými pojmami spojené so šírením svetla v optickom vlákne ako numerická aperetura, Fresnelov odraz či vlnová dĺžka. Tieto sú potrebné pre správne pochopenie optiky ako takej.

Druhá časť obsahuje teoretický popis jednovidových vlákien ich výhod a nevýhod a vlastnostiam. Ďalej mnohovidových s rôznym indexom lomu a kvázi-jednovidových vlákien.

Tretia časť obsahuje popis vizualizačného systému ktorý bol potrebný na zhotovovanie snímokou výstupu optického vlákna. Pri práci bol použitý priemyselný mikroskop arsenal pre vyhodnocovanie obrazu. Nájdeme tu jeho popis aj technické špecifikácie rovnako aj pre použitú digitálnu kameru. Na konci tejto časti je popísaný použitý softvér ktorý bol použitý na vyhodnocovanie obrazu.

Vo štvrtej časti je popis práce pri zhotovovaní vizualizačného systému, a postup pri vykonávaní merania. Obsahuje ako postup práce pri výrobe držiaka na optické konektory tak aj nastavenie jednotlivých súčastí pri ktorých bolo meranie vykonávané. Nájdeme tu aj presný postup vykonávaného merania.

A v záverečnej piatej časti sú spracované dáta z merania. Tu sú rozobrané vlastnosti jednotlivých vlákien ako dobre prenášajú optickou trasou jednotlivé vlnové dĺžky. Ako sa prejavuje zmena šírenia svetla pri mechanickom namáhaní. A nakoniec sú porovnávané jednotlivé vlákna navzájom.

1 Základné pojmy

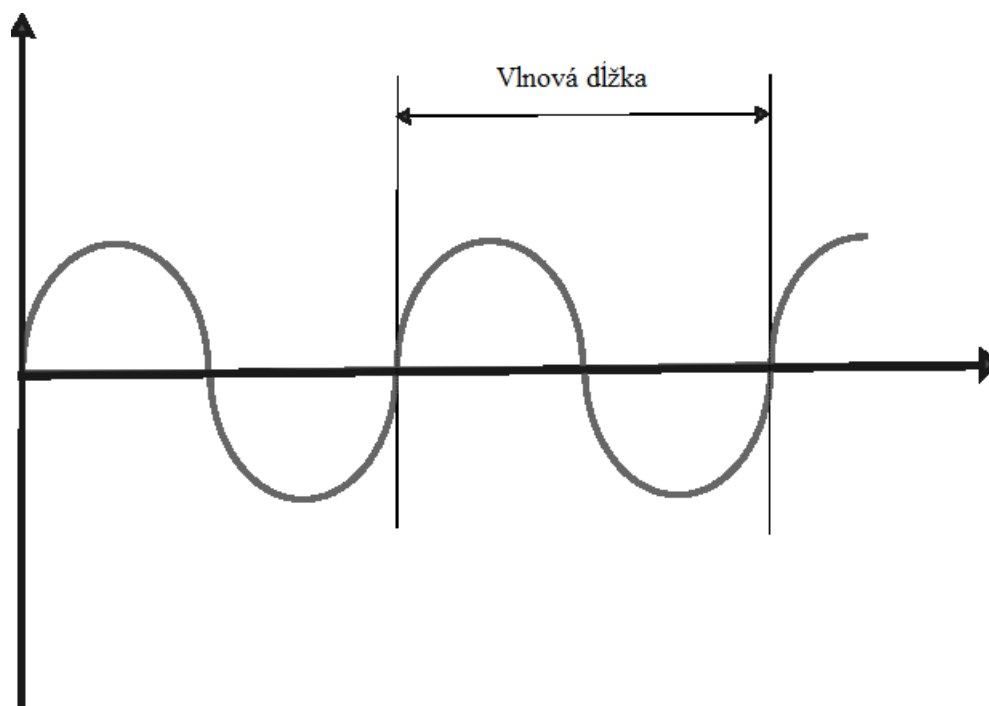
Táto bakalárska práca sa zaoberá šíreniu svetla v kvázi jednovidových optických vláknach. Toto vlákno je nasvecované rôznymi farbami LED čiže rôznymi vlnovými dĺžkami a je ďalej rôzne mechanicky namáhané. Pri meraní pozorujem rozloženie svetla v tomto vlákne pri rôznych vlnových dĺžkach a typoch použitého vlákna. Na začiatok si uvedieme niekoľko základných pojmov súvisiacich so šírením svetla v optickom vlákne.

1.1 Čo je to svetlo ?

Svetlo je energia a tá nás obklopuje všade. Dnes už vieme že svetlo je elektromagnetické vlnenie s veľmi vysokým kmitočtom rádovo THz. Tieto vlny sú defakto tie isté ktoré sa používajú na prenos informácií v mobilných sieťach, televíznom vysielaní avšak o iných frekvenciách. Avšak môžeme na svetlo nahliadať aj z pohľadu lúčovej optiky čo je prúd fotónov. Rýchlosť šírenia svetla vo vákuu je $c = 300\,000\,000\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

1.2 Vlnová dĺžka

Vlnová dĺžka je vzdialenosť, za ktorú sa rozšírilo vlnenie v čase jednej periódy (viď obr. 1.1)



Obrázek 1.1: Grafické znázornenie vlnovej dĺžky

Vlnová dĺžka je daná vzťahom:

$$\lambda = c \cdot T = \frac{c}{f} \text{ [m]} \quad (1.1)$$

c ... rýchlosť šírenia svetla [m/s]

f ... frekvencia [Hz]

T ... perióda [s]

Pretože sa rýchlosť svetla v látkach mení, mení sa aj jeho vlnová dĺžka, avšak frekvencia zostáva rovnaká. Frekvencia svetla sa teda pri prechode ľubovoľným látkovým prostredím nemení.

1.3 Šírenie svetla

Šírenie svetla je závislé na prostredí, ktorým svetlo prechádza. Ak svetlo dopadne napríklad na číre sklo, takmer bez zmeny prejde skrz týmto sklom.

Ak svetlo prechádza farebným sklom, časť vlnových dĺžok je vyfiltrovaná. Dochádza k javu, pri ktorom sú niektoré vlnové dĺžky svetla pohltené a ktorý nazývame absorpcia svetla.

Matné sklo mení smer svetla, čo znamená, že pri pohľade do matného skla je nemožné s presnosťou zistiť, kde sa nachádza zdroj žiarenia. Tento jav sa nazýva rozptyl svetla.

Optické prostredie teda môže byť:

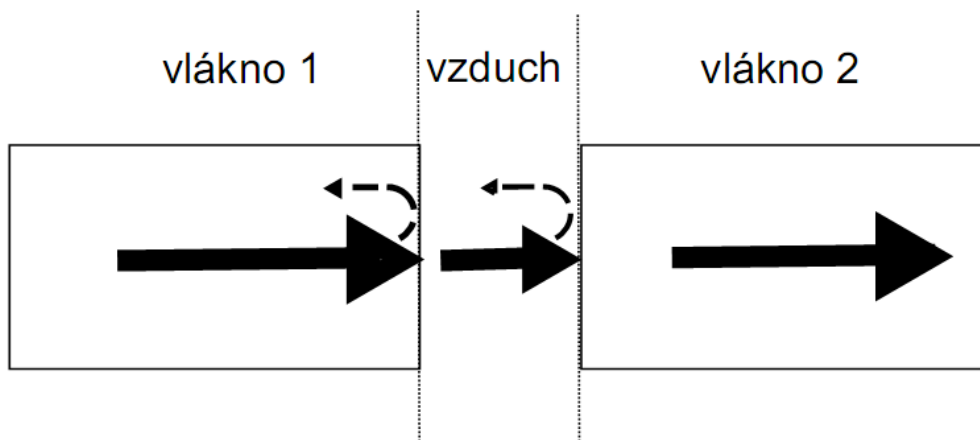
- Priehľadné - nedochádza k rozptylu svetla
- Priesvitné - svetlo čiastočne prechádza, ale čiastočne tiež dochádza k rozptylu
- Nepriehľadné - takéto prostredie svetlo buď pohlcuje, alebo sa na rozhraní s iným prostredím odráža

1.4 Optické vlákno

Je sklenené alebo plastové vlákno. Svetlo, ktoré vchádza do jedného konca optického vlákna, je vedené vláknom a vychádza druhým koncom. Optické vlákna sú široko využívané v komunikáciách, kde umožňujú prenos na dlhšie vzdialenosti a pri vyšších prenosových rýchlostiach dát než iné formy komunikácie. Vlákná sa používajú namiesto kovových vodičov, pretože signály sú prenášané s menšou stratou, a zároveň sú vlákna imúnne voči elektromagnetickému rušeniu. Vlákná sa používajú tiež pre osvetlenie.

1.5 Fresnelov odraz

Tento odraz možno popísať na jednoduchom príklade. Máme spojené dve optické vlákna pričom vzniká rozhranie vlákno – vzduch - vlákno. Pri prechode svetla veľká časť prejde a malá časť sa odrazí späť čo môžeme vidieť na obrázku. Toto nazývame Fresnelov odraz.



Obrázek 1.2: *Fresnelov odraz*

1.6 Numerická apertúra

Numerická apertúra je bezrozmerná veličina, ktorá sa značí NA.

Numerická apertúra je spojená s difrakčným vzťahom:

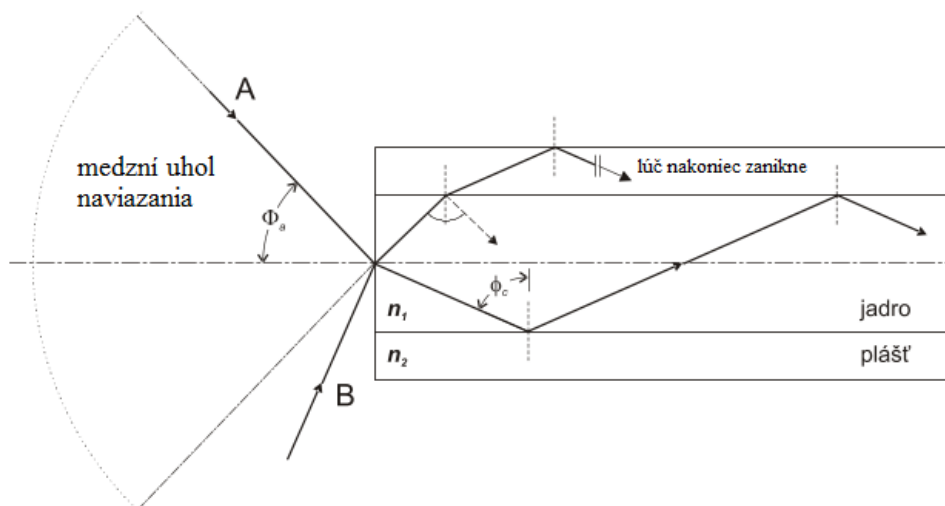
$$NA_t = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} = \sin \theta_{max} \quad (1.2)$$

NA_t ... teoretická numerická apertúra

n_1 ... index lomu jadra

n_2 ... index lomu plášťa

Najväčší uhol, pod ktorým môžeme svetelný lúč vstupovať do optického vlákna tak, aby bol vláknom prenášaný, definuje tzv. numerická apertúra. Číselne je NA rovná sínusu maximálneho uhlu pod ktorým sa vstupujúce lúče budú ešte šíriť od začiatku vlákna k jeho konci. Lúče dopadajúce pod väčším uhlom sa šíriť vláknom nebudú.



Obrázek 1.3: *Naviazanie lúča do optického vlákna*

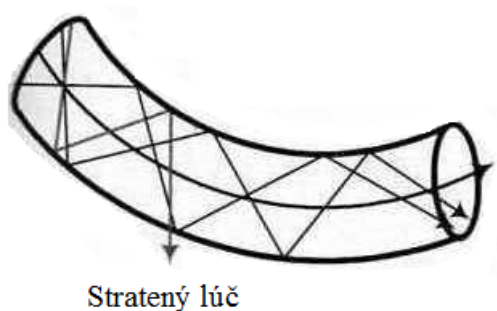
1.7 Útlm svetelného signálu v optickom vlákne

Podobne ako u metalických vedení, taktiež v optickom vlákne výkon signálu so vzdialenosťou od zdroja signálu postupne klesá. Útlm optického vlákna je spravidla udávaný v dB/km. Je merítkom strát optickej energie vo vlákne. Je definovaný ako pomer vstupného svetelného výkonu P_1 a výstupného svetelného výkonu P_2 pre danú vlnovú dĺžku λ podľa vzťahu:

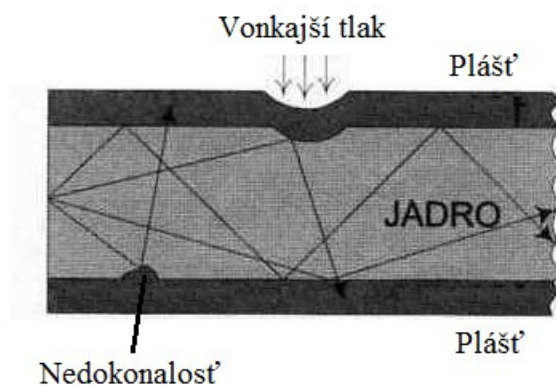
$$\text{Útlm} = a = 10 * \log \frac{P_1}{P_2} \quad (1.3)$$

Hlavnými príčinami útlmu svetelného signálu v optickom vlákne sú absorpcia a rozptyl svetelných lúčov. Straty vznikajú:

- priamo v materiáli vlákna
- na rozhraní prostredia vlákna
- pri spojovaní vlákien
- na mikroohyboch a makroohyboch optického vlákna



Obrázek 1.4: Šírenie lúča v ohybe vlákna



Obrázek 1.5: Straty v ohybe vlákna

2 Optické vlákna

Optické vlákna, svetlovody, umožňujú prenos optického žiarenia o vlnových dĺžkach od 200 nm do 20 μm , to znamená ultrafialové (UV), viditeľné (VIS) a infračervené (IR) optické žiarenie. Využívajú k šíreniu svetla princípu totálneho odrazu svetla vo vlákne na rozhraní jadra a plášťa. Rozsah vlnových dĺžok, pre ktoré je vlákno vyrábané je dane konštrukciou a použitými materiálmi jadra a plášťa. Rozsah prevádzkových teplôt dosahuje hodnôt až od $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+120\text{ }^{\circ}\text{C}$, sú aj vlákna s teplotným rozsahom väčším.

Optických prostredie pre prenos informácií môže byť celá rada. Najčastejšie to býva práve optické vlákno, ktoré sa využíva v praxi. To preto, že má radu výhod oproti iným prostrediam umožňujúcim prenos svetla.

Pred nástupom optických vlákien sa pre komunikáciu používali a dodnes ešte používajú metalické vedenia. Tieto vedenia sú postupne nahradzované optickou komunikáciou pre jej hlavné výhody.

Výhody optických vlákien

- Malé rozmery a hmotnosť
- Nadmerne veľká šírka pásma
- Väčšia prenosovej rýchlosti
- Odolnosť proti elektromagnetickému rušeniu a presluchom
- Bezpečnejšie prenos
- Spoľahlivosť
- Nízke straty pri prenose

Nevýhody optických vlákien

- Náročnosť na čistotu
- Cena jednotlivých prístrojov
- Makro a mikro ohyby
- Náročná výroba

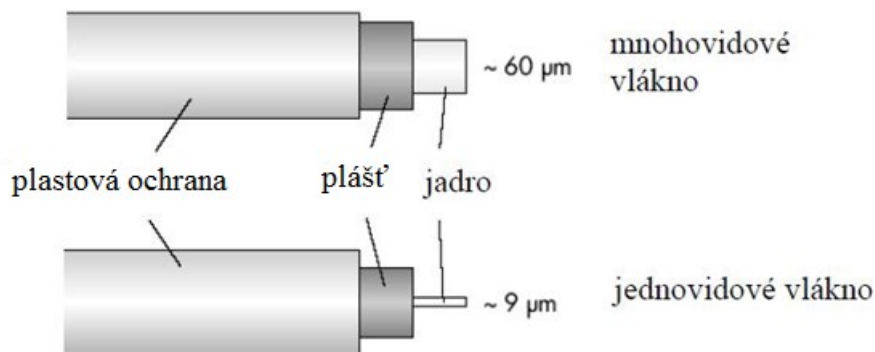
2.1 Jednovidove optické vlákna

Jednovidove optické vlákna sú používané tam, kde je požadovaná veľká šírka pásma a malý útlm. Majú zo všetkých vyrábaných optických vlákien najväčšiu šírku pásma a najmenší útlm. Preto sú používané na diaľkové komunikácie a pre aplikácie v káblovej televízii. Vo vlákne sa šíri iba jeden vid (lúč) a využívajú skokový index lomu. Vyznačujú sa menším priemerom jadra než vlákna mnohovidové. Vďaka tomu sa veľké množstvo energie šíri plášťom. Preto sa zaviedol parameter MFD priemer módového poľa. Tento parameter je veľmi dôležitý pre spájanie optických vlákien, pretože ak sa spoja vlákna s rôznymi MFD, narastie tak

hodnota útlmu optického spoja. Prejavujú sa v nich dva typy disperzie: chromatická a polarizačná. Jednovidové vlákna prešli behom niekoľko desaťročia plynulým vývojom.

2.1.1 Hlavné vlastnosti mnohovidových vlákien:

- majú schopnosť súčasne prenášať veľký objem informácií (majú veľkú informačnú kapacitu), pretože uchovávajú vysokú vernosť prenosu svetelných impulzov na veľké vzdialenosti, takže môže byť za časovú jednotku prenesené väčšie množstvo informácie než mnohovidovými vláknami.
- majú malý útlm
- nevykazujú vidovú disperziu
- majú veľkú šírku pásma
- jednovidový prenos existuje iba pre väčšie vlnové dĺžky než je medzná vlnová dĺžka, ktorá teoreticky určuje vlnovú dĺžku, na ktorej sa jednovidové vlákno pre kratšie vlnové dĺžky mení na mnohovidové
- vyznačujú sa malou hodnotou numerickej apertúry
- režim je závislý na priemere jadra
- veľkosť rozšírenia svetelného impulzu vplyvom chromatickej disperzie závisí na spektre vlnových dĺžok vysielaných zdrojom optického žiarenia
- ako zdroj optického žiarenia je spravidla použitá laserová dióda



Obrázek 2.1: Jednovidové a mnohovidové vlákno

2.1.2 Zložitejšie usporiadanie plášťa jednovidového vlákna :

Niektoré jednovidové vlákna majú zložitejšiu štruktúru plášťa zlepšujúci ich prevádzkové vlastnosti, napr. vlákna s dvoj vrstvou ochranou. Jadro je dotované germániom, vnútorná časť plášťa flórom. Vnútorná časť plášťa má menší index lomu než vonkajšia. Toto usporiadanie vylepšuje optické vlastnosti vlákna a znižuje chromatickú disperziu.

Komunikácie využívajú vzhľadom k prenosu na veľké vzdialenosti, sklenené optické vlákna, ktoré sú v porovnaní s ostatnými typmi najkvalitnejšie. Pre prenos dát sú vhodné nasledujúce vlnové dĺžky:

- 1310 nm najlepšie prenosové vlastnosti skla z hľadiska disperzie
- 1550 nm najlepšie prenosové vlastnosti skla z hľadiska útlmu (najmenší útlm)

Prenos dát na vzdialenosti pôvodne 50x väčšie než mnohovidovými vláknami, dosahuje v súčasnej dobe i sto násobku prenosovej vzdialenosti MMF (multi mode fibers). Napríklad MMF sú používané pre rýchlosti prenosu 1 Gbit/s do vzdialenosti 1 km, zatiaľ čo jednovidové vlákna umožňujú prenos na vzdialenosť 100 km bez zosilňovačov či opakovačov.

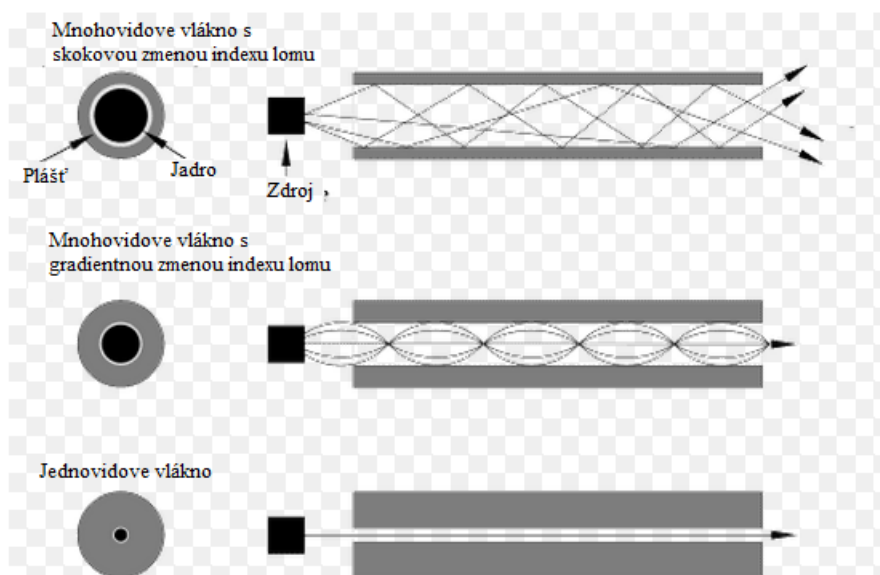
2.2 Mnohovidové vlákna

Vzhľadom k jednovidovým vláknám majú mnohovidové vlákna relatívne veľký priemer jadra a numerickú apertúru NA. Pretože majú väčšie priemery jadier sú do určitej miery menej citlivé na vlnovú dĺžku prenášaného lúča.

Vo vlákne sa predpokladá súčasné šírenie viac vidov. Hlavný faktor, ktorý obmedzuje prenosové možnosti je vidová disperzia, ktorá má za následok rozdielne šírenie vidov vo vlákne. Využívajú sa na kratšie vzdialenosti. Typickými vlnovými dĺžkami sú v súčasnosti 850nm a 1310nm

Bolo vytvorených niekoľko druhov vlnovodov s najrôznejšími prenosovými vlastnosťami. Všeobecne ich môžeme rozdeliť na vlákna tvorené jednou alebo viacerými vrstvami homogénneho dielektrika a na vlákna s plynulo premenným indexom lomu.

Prvý uvedený starší typ sa nazýva optický vlákňový vlnovod so skokovou zmenou indexu lomu. Nevýhodou týchto vlákien je malá šírka pásma zapríčinená vidovou disperziou a preto ich nemôžeme používať na prenos dátových impulzov na väčšie vzdialenosti. Sú vyrábané v mnoho rôznych prevedeniach s rozmermi jadra od 50 μm do 200 μm . Druhý typ vlákna má oblasť jadra nehomogénne so závislosťou indexu lomu blízku parabolické. Je označovaný ako optický vlnovod sa spojito premenným indexom lomu, tiež vlnovod gradientný. Ich profily sú zobrazené na obrázku.



Obrázek 2.2: Jednovidové a mnohovidové vlákna s rôznym indexom lomu

Oba tieto základné typy vlnovodov sa od seba líšia okrem iného mechanizmom šírenia energie. U vlnovodu so skokovou zmenou indexu lomu sa energia šíri pomocou odrazu na rozhraní jadro-plášť, u gradientných vlákien je to potom zakrivená trajektória optických lúčov. Výroba gradientných vlákien je technologicky aj finančne náročnejšie, ale tieto vlákna zásadne potláčajú vidovú disperziu.

2.2.1 Hlavné vlastnosti mnohovidových vlákien:

- Prenos dát je obmedzený vidovou disperziou, ktorá znižuje medznú kmitočet vlákien
- Väčší útlm oproti jednovidovým vláknám
- Väčšia hodnota NA oproti jednovidovým vláknám – jednoduchšie nadväzovanie optického žiarenia do vlákna
- Možnosť použiť pre svetelné zdroje okrem laserových diód podľa aplikácie aj diódy LED
- Jednoduchšie spojovanie vlákien oproti jednovidovým vláknám
- Nízka cena celého optického spoja, pretože ide hlavne o cenu systémov, zdrojov žiarenia a konvertovanie na dané vlákno, ktoré je dnes samo o sebe i niekoľkonásobne drahšie než bežné SMF (jednomodové vlákno)

2.3 Kvázi-jednovidové vlákna

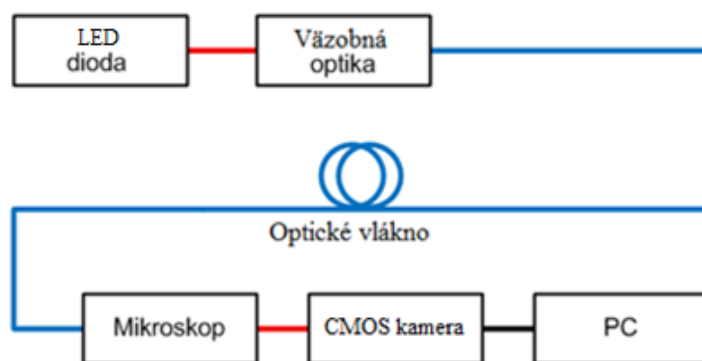
Kvázi-jednovidové optické vlákna sú optické vlákna schopná pracovať ako vláknovo optický senzor a zároveň ako vysokorýchlostné komunikačné médium. Vlákna sú navrhnuté tak, aby prelievala energiu medzi niekoľkými vidy šíriacimi sa vo vlákne. Tieto unikátne vlastnosti sú dosiahnuté atypickou profilovou štruktúrou.

Kvázi-jednovidové vlákna pracujú za hranicou jednovidovosti, čo znamená, že podporujú šírenie viac vidov, typicky 2-6.

Pomocou vlnového multiplexu, by bolo vlákno budene dvoma zdrojmi o rôznych vlnových dĺžkach. Predpokladá sa vlnová dĺžka 1550 nm pre telekomunikačné účely, na ktoré by vlákno pracovalo v klasickom jednovidovom režime a vlnová dĺžka 850nm, na ktorej by vlákno pracovalo v režime kvázi-jednovidové, čím by podporovalo šírenie niekoľkých vidov s významným energetickým príspevkom, medzi ktorými by bolo možné sledovať prerozdelenie energie. Navrhnuté vlákna musia mať celkové rozmery rovnaké ako klasické SM vlákno a čo najbližšiu veľkosť MFD.

3 Vizualizačný systém

Cieľom bakalárskej práce je vizuálne spracovanie obrazu ktorý zobrazuje rozloženie svetla na výstupe optického vlákna k tomu je potrebné celkové usporiadanie komponentov zobrazené na obrázku 3.1 a to tvorí vizualizačný systém. Skladá sa zo zdroja optického žiarenia, optického vlákna, väzobnej optiky, valce o rôznych priemeroch, sústavu na uchopenie konektorov, mikroskopu, kamery, PC, softvéru.



Obrázek 3.1: Bloková schéma vizualizačného systému

3.1 Mikroskop

Pri práci bol použitý PRIEMYSELNÝ MIKROSKOP ARSENAL MODEL LPT 3113iA-T pre vyhodnocovanie obrazu. Využíval sa tretí tubus okuláru v ktorom sa nachádzala kamera ktorá snímala obraz čela optického vlákna a zhotovovala fotograficky záznam svetelnej stopy. Tento záznam sa následne ďalej vyhodnocoval.

Prvá a najdôležitejšia prednosť je určite kvalita obrazu. Tento model je vybavený ultraširokouhlým okulárom s väčším zorným poľom 22 mm oproti 18 mm u bežných mikroskopov. A teda je možné pozorovať pomerne veľkú časť pozorovaného vzorku.

Optika novej generácie je korigovaná na nekonečno vrátane planachromatických objektívov, čo opäť prispieva k vyššej kvalite zobrazenia. výhoda tejto optiky spočíva v tom, že stačí raz zaostriť a obraz, vzorky, ktoré pozorujeme, sú maximálne ostré a jasné i u okrajov zorného pola a zároveň uvidíme veľmi jemné detaily.

Pre osvetlenie sa používa výkonná 30W halogénová žiarovka, ktorú oceníme najmä pri pozorovaní tmavších vzoriek aj pri vyšších zväčšeniach, a tiež pri vyhotovovaní digitálnych fotografií.

Pracovný stolík je vybavený vstavanou sklenenou dosičkou, na ktorú si môžeme položiť aj veľmi malé vzorky



Obrázek 3.2: Použitý mikroskop ARSENAL

3.1.1 TECHNIKKÉ ÚDAJE:

ROZSAH ZVEČŠENIA MIKROSKOPU

- 50 - 500

TRINOKULARNA HLAVICA

- Uhol sklonu 45°
- Nastaviteľný očný rozstup v rozsahu 55 - 75 mm

- Dioptrická aretácia ľavého tubusu v rozsahu $\pm 5D$

OKULAR

- Ultraširokohlý WFH 10x / 22 mm a WFH 10x / 20 mm \$ MK s meradlom krížom (mierka je na oboch osiach X i Y)

REVOLVEROVE HLAVICE

- Pre 5 objektívov

OBJEKTÍVY

- Planachromatické s dlhou pracovnou vzdialenosťou LWD s optikou a korigovaných na nekonečno
- 5x0,10; 10x0,25; 20x0,40; 50x0,55
- Pre pozorovanie bez krycieho skla

PRACOVNÝ STOLÍK

- Obdĺžnikový krížový stolík 180x148 mm so zvislými, koaxiálne usporiadanými otočnými gombíkmi na ovládanie priečneho a pozdĺžneho posuvu, rozsah pohybu 45x35 mm
- Miesto otvoru je na pracovnom stolíku novo vstavaná sklenená doštička, ktorá zabraňuje prepadnutie aj najmenších vzoriek, ktoré potrebujete pozorovať

OSTRENIE

- Hrubé a jemné, ktoré sa vykonáva zdvihom stolíka, je ovládané koaxiálne usporiadanými otočnými gombíkmi, umiestnenými po oboch stranách statívu; rozsah zdvihu pri makroaretácii 7 mm, mikroaretácia je funkčná v celom rozsahu pohybu makroaretácie
- Zaoštrovací mechanizmus je vybavený bezpečnostnou záložkou, ktorá zabraňuje poškodeniu objektívu pri kontakte s preparátom

KONDENZOR, CLONA, FILTRE

- Centrovací kondenzor (NA 1,25) s výškovým posuvom
- Irisová apertúra, poľná clona a výklopná objímka pre vloženie svetelného filtra (modrý, žltý, zelený) pre prechádzajúce svetlo
- Irisová apertúra, poľné clona, polarizácia, farebné svetelné filtre (modrý, zelený, ledovanie) pre dopadajúce svetlo v objímkach
- Sústreďovacia šošovka v osvetľovači
- Objektívový mikrometer

OSVETLENIE

- Zabudované spodné s halogénovou žiarovkou 12V 30W podľa Köhlerová princípu s nastaviteľnou intenzitou osvetlenia
- Zabudované koaxiálne horné osvetlenie s možnosťou centrovania halogénové žiarovky 12V 30W a nastaviteľnou intenzitou osvetlenia, možnosť polarizácia

HMOTNOSŤ PRÍSTROJA / HMOTNOSŤ BALENIA

- 11,30 kg / 14,50 kg

ROZMERY PRÍSTROJA / ROZMERY BALENIA

- Š. 220 x h. 550 x v. 570 mm / š. 562 x h. 500 x v. 470 mm

MOŽNOSŤ MONTAŽE ĎALŠIEHO PRISLUŠENSTVA

- komponenty pre pripojenie snímacieho zariadenia (digitálneho fotoaparátu, digitálne kamery CMOS, snímacie CCD kamery)

3.2 Digitálna kamera CMOS 550

Farebná kamera bola použitá na záznamy ktoré sa ďalej digitálne vyhodnocovali. Toto meranie nebolo subjektívne čiže pozorovanie voľným okom ale objektívne. Preto bolo potrebné použiť kameru pričom požiadavky boli dobrá citlivosť, dostatočné rozlíšenie, zobrazenie svetelnej stopy v infračervenej oblasti. Bolo pozorované svetlo vo viditeľnom a infračervenom spektre. Kamera ktorú sme použili bola s čipom SONY. Parametre plne vyhovujú podmienkam merania. Poskytuje brilantný obraz, perfektný jas aj kontrast a dokonale zobrazia všetky detaily, ktoré potrebujeme. Sú určené na pripojenie k tretiemu tubusu mikroskopov s trinokulárnou hlavicou prostredníctvom závitú C-mount. Pokiaľ mikroskop nemá trinokulárnu hlavicu so závitom C-mount, môžete využiť špeciálny adaptér a kameru pripojiť namiesto okuláru do tubusu. Kamery možno použiť prakticky s všetkými druhmi optických mikroskopov ARSENAL (napr. študentských, laboratórnych a i.) Obraz pozorovaného preparátu alebo vzorky sa prenáša priamo na obrazovku počítača. Pokročilý softvér, ktorý je súčasťou kamery, zaručuje jednoduchú a pohodlnú prácu s živým obrazom i nasnímanými obrázkami. Jeho veľkou výhodou je možnosť merania, ktorá je už v cene softvéru.



Obrázek 3.3: Digitálna kamera CMOS 550

3.2.1 TECHNIKKÉ ÚDAJE CMOS 550:

- Kamery sú vybavené farebným CMOS senzorom s rozlíšením 5 Mpix. Poskytujú verný obraz zaručujúce dokonalý kontrast a rovinnosť pozorovaného preparátu v reálnom čase aj pri nadobudnutí fotografií. Obraz je jasný a zreteľný aj na okrajoch zorného poľa. Najlepší výsledok pozorovaní možno dosiahnuť v kombinácii s použitím planachromatických objektívov.
- Maximálne rozlíšenie: CMOS 550: 2592x1944 pixelov.

- Systémové požiadavky na PC: vysokorýchlostné rozhranie USB 2.0, CPU- Intel Pentium 4 2,6 GHz (alebo obdobný), 512 MB RAM, 10 GB HDD, operačný systém - Windows XP, Vista, 2000 aj Windows 7 (32 a 64 bit. Verzia), Directshow 9.0.
- Podporované formáty výstupného súboru: jpg, tiff, raw, bmp.
- Kamery je možné použiť ku všetkým typom Trinokulárných hlavíc so závitom C-mount, alebo so špeciálnym adaptérom
- S ohľadom na teplotu farieb osvetlenia mikroskopu sú kamery skonštruované tak, že farby pozorovaného vzorky verne zodpovedajú farbám tak, ako sa javí v okulároch.

3.3 Softvér

3.3.1 Tsview

Softvér TSVIEW je potrebný na komunikáciu s kamerou ďalej pre spracovanie obrazu a je špeciálne navrhnutý pre digitálne mikroskopy, má prívetivé ovládacie rozhranie, stabilné správanie a výkonné funkcie, veľmi ľahko sa ovláda. Môže byť široko používaný v rôznych odvetviach ako je výučba, výskum, elektronická kontrola atď.

Softvér umožňuje zobrazenie, zachytenie, editáciu, záznam, zmenu mierky, meranie a spracovanie obrazu pod mikroskopom. Pohodlné nastavenie farieb aktívneho obrazu, vrátane jas, kontrastu, sýtosti, hodnôt RGB, vyváženie bielej farby atď.

3.3.2 Adobe Photoshop 7.0 CE

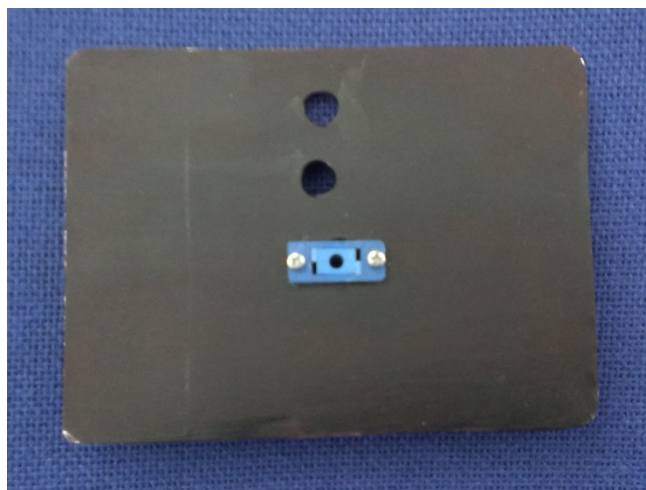
V tomto programe analyzujem výstup z kamery mikroskopu konkrétne obrázky vo formáte bmp. V tomto formáte je použitá bezstratová kompresia čo je dôležité pre verne zobrazenie aj najmenších detailov. Pre vyhodnotenie svetlosti obrázku bol použitý nástroj histogram. Histogram je graf, na ktorého ľavej strane máme informácie o množstve čiernej a tmavej vo fotografii a na pravej strane o množstve bielej a svetlej. A medzi nimi je ďalších 254 odtieňov šedej. Takto môžem zanalyzovať množstvo a intenzitu svetla v optickom vlákne. Ďalším nástrojom odčítam 2 obrázky a takto dostanem ich rozdiel, napríklad pri použití rovnakého vlákna pri rôznom mechanickom namáhaní.

Adobe Photoshop alebo iba Photoshop je komerčný grafický program publikovaný firmou Adobe Systems. Primárne je určený na tvorbu a úpravu rastrovej(bitmapovej) grafiky. Umožňuje tiež použitie grafických efektov a to aj vo forme zásuvných modulov. Program umožňuje aj editáciu a vytváranie vektorovej grafiky a jej prevod na rastrový obrázok. Používaný je väčšinou u profesionálnych grafikov a grafických spoločností. Dodávaný je v 27 svetových jazykoch. Naprogramovaný je v programovacom jazyku C++.

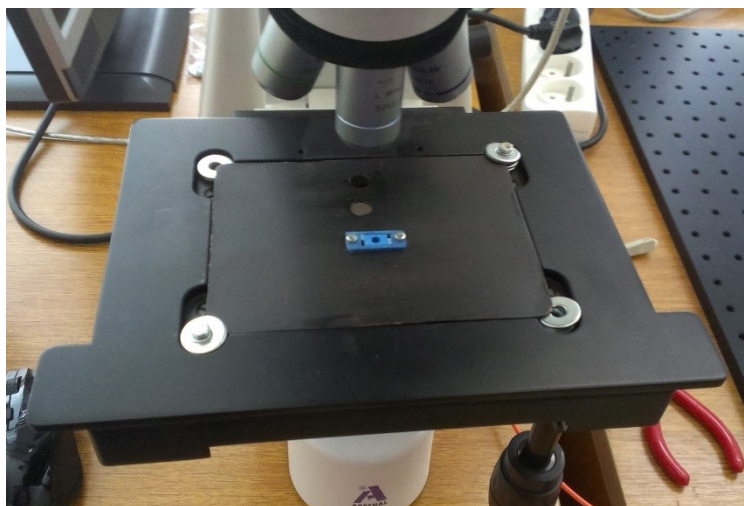
4 Postup práce

4.1 Sústava na uchopenie konektorov

Všetky testy a merania boli vykonané na budove N v učebni N311. K vykonávaniu snímok je potrebný softvér k použitej kamere na mikroskope v mojom prípade to je originálny softvér dodávaný k mikroskopu Tsview. A následne prepojenie kamery a PC cez rozhranie USB 2.0. Kamera sa vkladá do 3 tubusu mikroskopu a pomocou nej sa vykonávali všetky merania. Bolo použité 50 násobné zväčšenie pre všetky snímky. Sklená doštička pod objektívom mikroskopu bola vymenená za hliníkový držiak na optické spojky (sústavu na uchopenie konektorov) aby sme mohli pozorovať zmeny rozloženia svetla v optickom vlákne. Rozmery držiaka 88 x 118 mm hrúbka 1mm kde boli zaoblené rohy. Do tohto plechu boli vyvŕtané diery na optické konektory FC (okružly) s priemerom 7 mm, ST (okružly) s priemerom 7 mm, SC-A (štvorcový) s rozmermi 125 x 9 mm. Z obrázku 4.1 môžeme vidieť umiestnenie dier a to pre dobrý prístup zo spodku ako aj jednoduchý posuv v osách X a Y stolíka mikroskopu. Nakoniec bol nanosený náter čiernej matnej farby kvôli odrazom ktoré by mohli skresľovať výsledky meraní. Tento držiak sa umiestnil na hliníkové podložky pre zaistenie menšej vzdialenosti medzi pozorovaním optickým vláknom a objektívom mikroskopu a pevne priskrutkovaní.



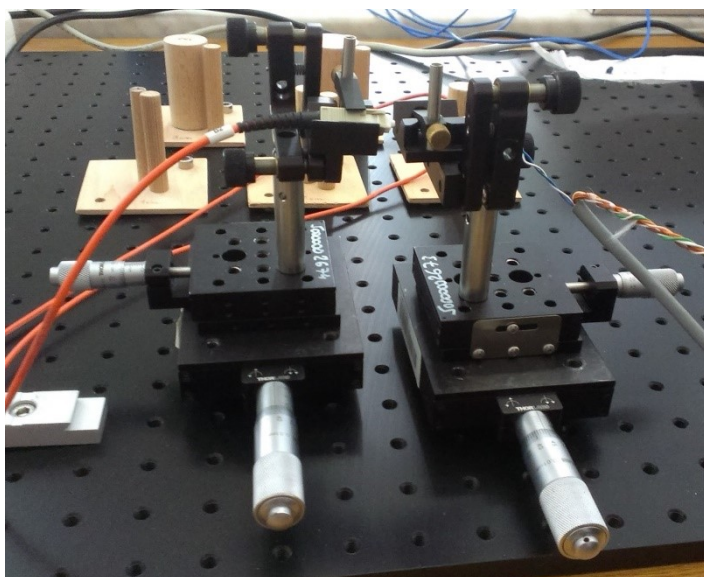
Obrázek 4.1: Sústava na uchopenie konektorov



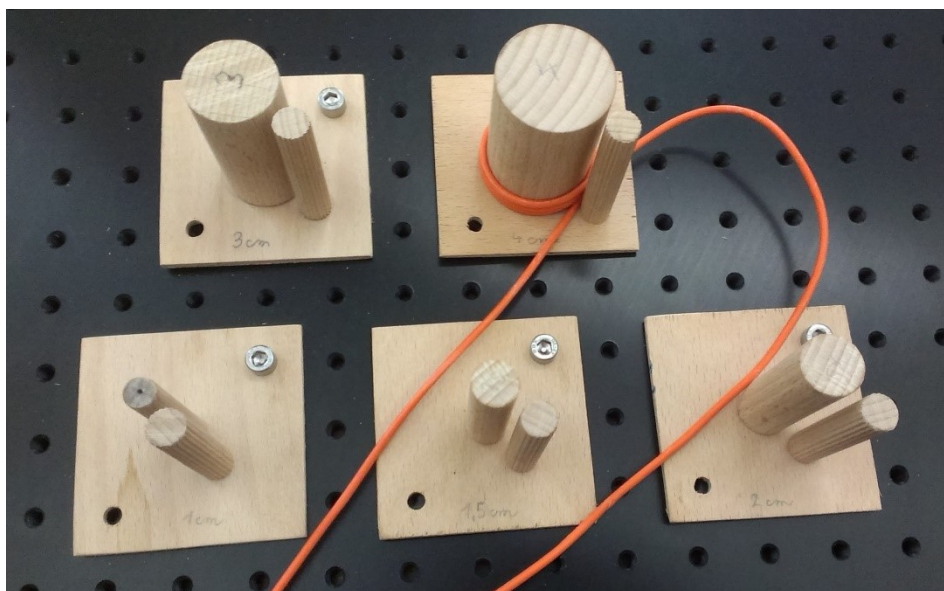
Obrázek 4.2: Sústava umiestnená v stolíku mikroskopu

4.2 Vázobná optika a sústava na ohýbanie optického kábla

Ďalšou časťou je väzobná optika a sústava na ohýbanie optického kábla. Ako základ bola použitá optická lavica. Na ňu boli umiestnené držiaky optického kábla a LED diódy. Boli použité súčasti od spoločnosti thorlabs. Stavebnica sa skladala z dvoch krížových na nich bol stĺpik a na ňom umiestnený držiak. Takto bola upevnená tak dióda LED ako aj konektor optického kábla vid obrázku 4.3. Optický kábel bol pevne prichytený hneď na výstupe z držiaka a taktiež tesne pred vstupom do mikroskopu aby sa nám pri manipulácii nijako nezmenil uhol svetla vstupujúceho či vystupujúceho z optického kábla. Ďalej bol namotávaný na sústavu drevených valcov o priemeroch 10 mm, 15 mm, 20 mm, 30 mm, 40 mm tieto valce boli pre lepší komfort práce priskrutkované na drevenom podstavci o rozmeroch 70 x 70 mm a v tesnej blízkosti valcov bola protistočná vrúbkovaná drevená tyč aby sa nám navinuté vlákno neodmotávalo vid obrázok 4.4. V drevenom podstavci boli vyvŕtané diery pre pripevnenie o optickú lavicu.



Obrázok 4.3: Držiaky LED a optického vlákna



Obrázok 4.4: Sústava na ohýbanie optického kábla

4.3 Zdroj a meracie prístroje

Pre napájanie LED a meranie vstupného prúdu do diody boli použité prístroje digitálny multimeter Rhode & Schwarz HM 8112-3 hameg a zdroj Manson NP-9625 . Pričom zapojenie je zrejmé, zdroja napätia bol pripojený na multimeter z ktorého sa odčítavala presná hodnota prúdu a z neho sa pokračovalo na diódu LED.

4.4 Postup merania

Pri meraní boli použité super svietivé LED diódy s priemerom puzdra 5 mm o farbách: biela, červená (700 nm), modra (460 nm), zelena (530 nm) a infračervená (850 nm). Boli použité optické káble s priemerom jadro/plášť 62,5/125 μm a 50/125 μm . Po umiestnení vybranej diódy LED do držiaka som ju napájal nasledovnými prúdmi: 0,25 mA; 0,5 mA; 1 mA; 5mA; 10 mA; 15 mA; 20 mA. Infračervenú diódu LED som napájal nasledovnými prúdmi: 50 mA; 100 mA; 150 mA; 200 mA; 250 mA. Pre každú úroveň prúdu som zhotovil snímok pričom optické vlákno bolo v tomto prípade voľne položené na stole pre získanie referenčných hodnôt.

Následne som namotával optické vlákno na valce postupne od najmenšieho priemeru valca až po najväčší. Počet navinutí optického kábla bol 1 až 5 a pri každom jednom navinutí som zhotovil snímok. Avšak pri namotávaní optického kábla som napájal diódu LED nasledovnými prúdmi: 0,25 mA; 0,5 mA; 1 mA; 5mA a to z dôvodu že optické vlákno bolo už pri prúde 5 mA presvetlené tým pádom nebolo potrebné vykonávať merania pre prúdy o vyšších hodnotách. Pri infračervenej dióde LED sa hodnoty prúdu nemenili.

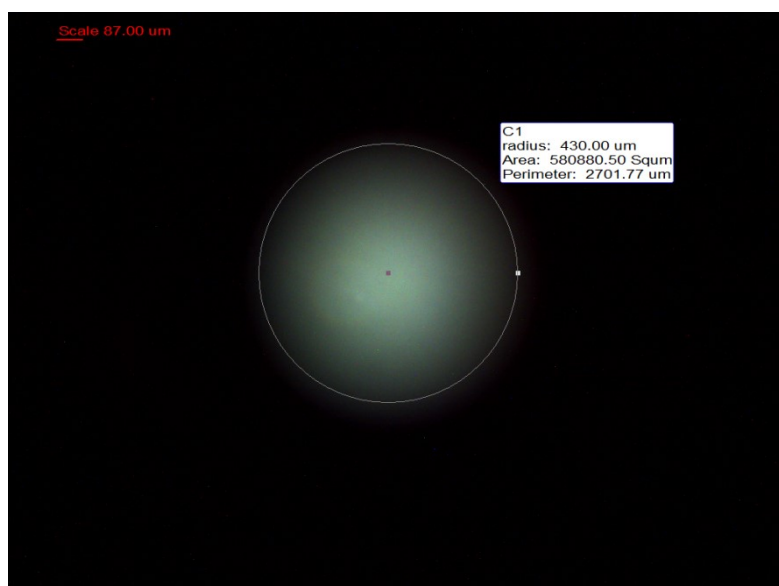
Čiže pre prúd 0,25 mA som postupne namotával na valec 1 až 5 zavítou a pri každom navinutí som zhotovil snímok následne som prešiel na valec o väčšom priemere a postup opakoval. Meranie som takto uskutočnil pre každú uvedenú hodnotu prúdu ďalej pre každú uvedenú diódu LED a taktiež pre uvedené 2 typy optického kábla. Výsledný počet snímkou bol približne 1060.

5 Výsledky a analýza zhotovených snímkou

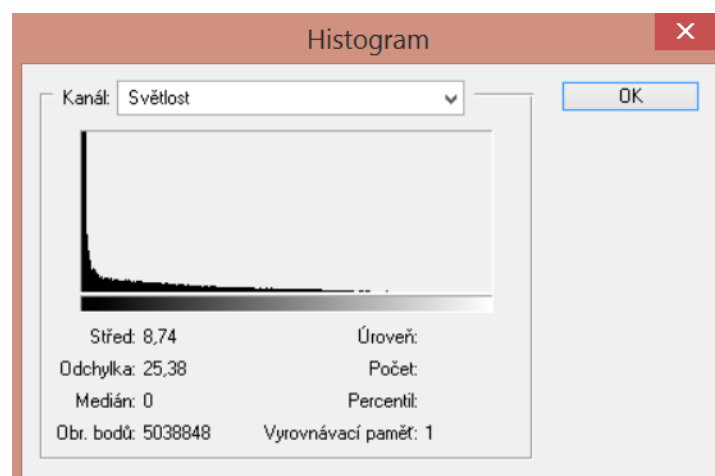
Táto časť bude obsahovať spracované namerané hodnoty. Tieto hodnoty predstavujú výstup z kamery mikroskopu ktorou sme pozorovali rozloženie svetla v optickom vlákne. Tieto údaje sú ďalej analyzované. Budú porovnávané jednotlivé vlnové dĺžky respektíve ktorá je najvhodnejšia na prenos informácií. Ďalej rôzne zakrivenia a jeho vplyv na útlm svetla v optickom vlákne a nakoniec porovnanie jednotlivých vlákien medzi sebou.

5.1 Porovnanie na základe vlnovej dĺžky pri vlákne 62,5/125

Pri tomto porovnávaní bolo použité vlákno s priemerom jadro/plášť 62,5/125 μm a prúdová úroveň 0.25 mA a to z toho dôvodu že pri takomto malom prúde sú zmeny svetla v šírení vlákna najlepšie pozorovateľné. Budeme sledovať aká vlnová dĺžka je najvhodnejšia na prenos informácií. Rozoberiem takto každú jednu vlnovú dĺžku a na konci sa bude nachádzať vyhodnotenie. Pri tomto porovnávaní nebol kábel nijako mechanicky namáhaný.

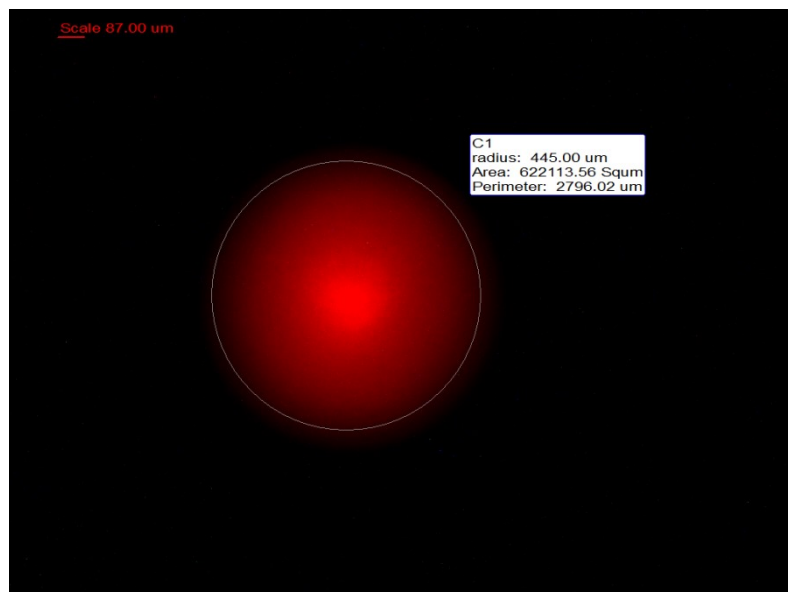


Obrázek 5.1: Biela LED 0.25 mA

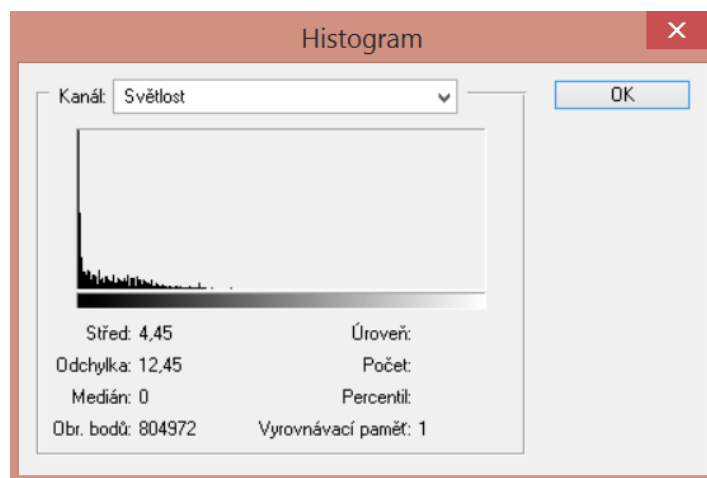


Obrázek 5.2: Histogram bielej LED 0.25mA

Na obrázku 5.1 môžeme vidieť výstup z optického vlákna zachytené kamerou mikroskopu. Bola použitá biela LED. Tento výstup je v kruhu ktorý nám poskytuje informácie o priemere, ploche a obvode pričom nás zaujíma hodnota polomeru svetelného kužeľa ktorý je 430 μm . Hneď vedľa je histogram obrázok 5.2 pri ktorom nás zaujíma parameter stred a ten vyjadruje priemernú hodnotu intenzity a táto hodnota je 8,74 čo môžeme vidieť aj na obrázku.



Obrázek 5.3: Červená LED 0.25 mA

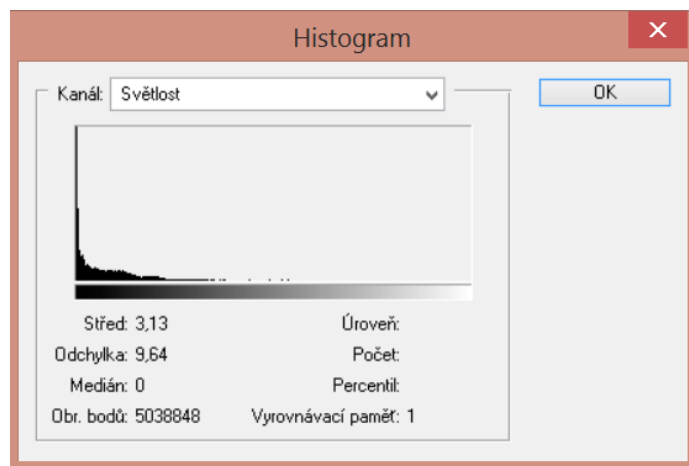


Obrázek 5.4: Histogram červené LED 0.25 mA

Podobne ako na predchádzajúcom obrázku aj tu nás zaujímajú hodnoty polomeru výstupného svetelného kužeľa ktorý je 445 μm čo je viac ako pri bielej LED avšak priemerná hodnota intenzity je 4,45 čo je tmavšia hodnota.



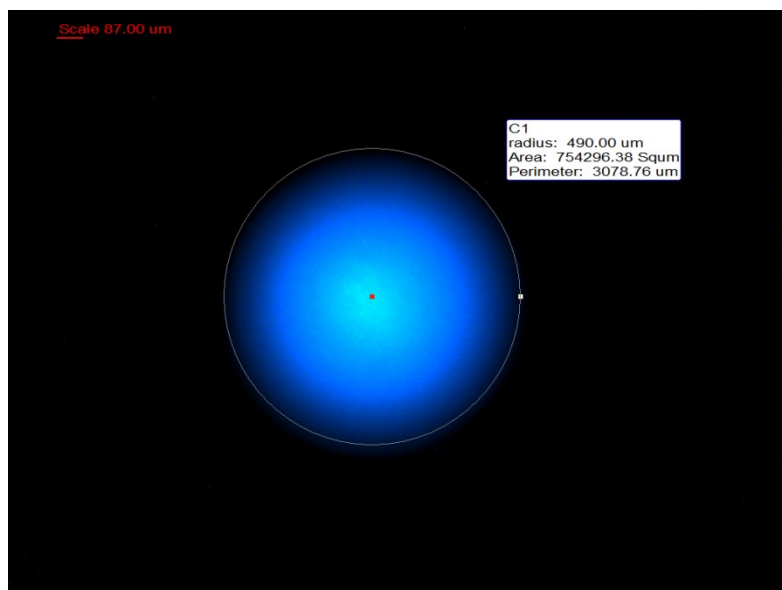
Obrázek 5.5: Infračervená LED 50 mA



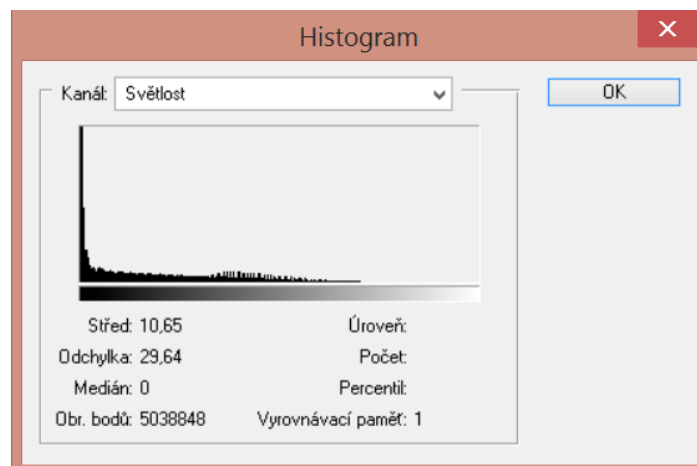
Obrázek 5.6: Histogram Infračervenej LED 50 mA

Na obrázku 5.5 pozorujeme že polomer výstupného svetelného kužeľa infračervenej LED je len 335 μm a taktiež priemerná hodnota intenzity je 3,13 čo je veľmi malá hodnota z toho usudzujeme že infračervená oblasť nie je vhodná na prenos informácii avšak môže to byť spôsobené citlivosťou kamery na vlnovú dĺžku 850 nm. Pri tejto LED dióde je jej napájanie 50

mA čo je najnižšia hodnota pri akej ešte tato dióda svieti podobne ako u LED diód vo viditeľnom spektre kde je táto hodnota 0.25 mA.

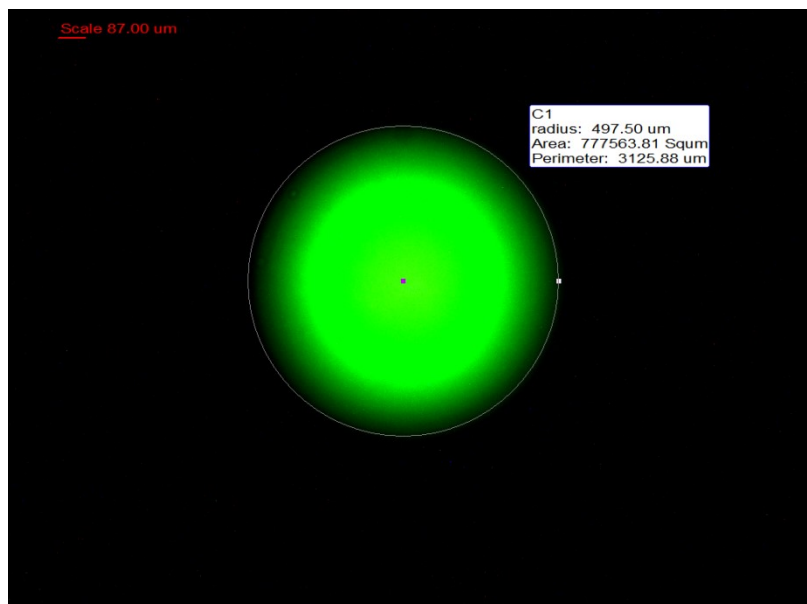


Obrázek 5.7: Modra LED 0.25 mA

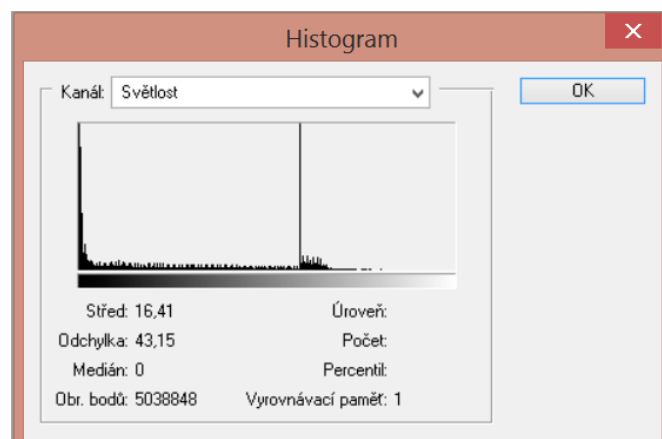


Obrázek 5.8: Histogram modrej LED 0.25 mA

Na obrázkoch 5.7 a 5.8 môžeme vidieť pomerne dobré hodnoty ako polomeru ktorý je 490 μm tak aj priemerná hodnota intenzity 10,65.



Obrázek 5.8: Zelená LED 0.25 mA



Obrázek 5.9: Histogram zelenej LED 0.25 mA

A pri poslednej vlnovej dĺžke ktorú predstavuje zelená farba sú hodnoty výrazne lepšie ako v predchádzajúcich snímkach polomer svetelného kužeľa je 497,5 μm a priemerná hodnota intenzity je 16,41.

5.1.1 Vyhodnotenie

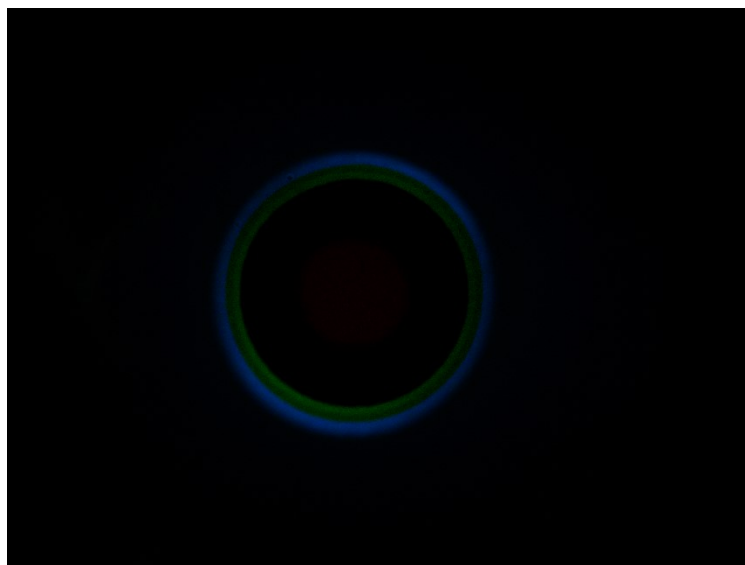
Z uvedených hodnôt môžeme jednoznačne usúdiť že najlepšia na prenos v optickom vlákne 62,5/125 μm je vlnová dĺžka 530 nm a teda zelená farba. Polomer kužeľa je nepatrne väčší ako u modrej LED avšak priemerná hodnota intenzity je 16,41 čo je výrazne lepšia ako u modrej diódy. Ako som už naznačil hneď na druhom mieste je vlnová dĺžka 460 nm (modrá farba) ďalšie sú biela, 700 nm (červená), 850 nm (infračervená).

5.2 Porovnanie na základe zakrivenia pri vlákne 62,5/125

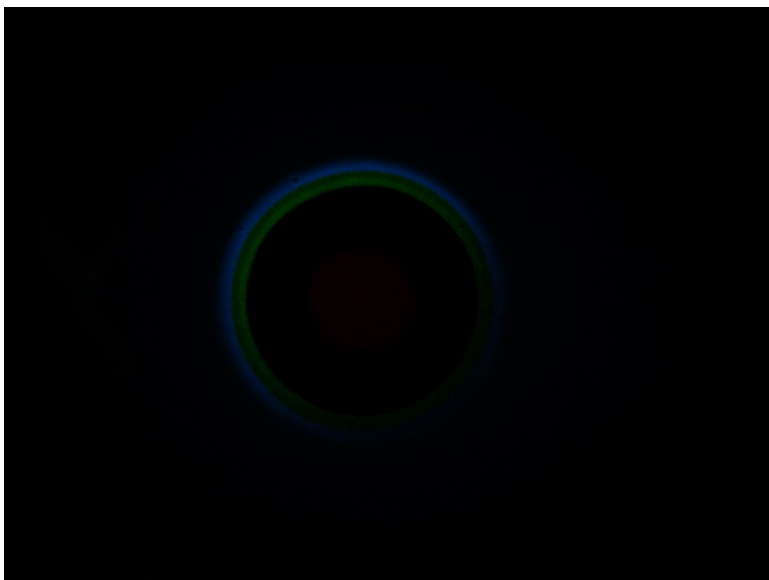
Pri tomto porovnávaní bolo použité vlákno s priemerom jadro/plášť 62,5/125 μm , úroveň prúdu je 1 mA a vlnová dĺžka je 460 nm (modrá farba). To z toho dôvodu že práve tu sú pozorovateľné najväčšie zmeny v rozložení svetla v optickom vlákne. Pri ostatných úrovniach prúdu a ďalších vlnových dĺžkach sú výsledky obdobné a sú uvedené v prílohe. V tejto časti sa budem zaoberať vplyvom mechanického namáhania na prenos svetla optickým vláknom. Opticky kábel som namotával na valce o priemeroch 10 mm, 15 mm, 20 mm, 30 mm, 40 mm. V tejto kapitole je používaná funkcia odčítania 2 obrázkov ktorá umožňuje porovnávať farebné informácie v jednotlivých kanáloch a odčíta ich od seba.



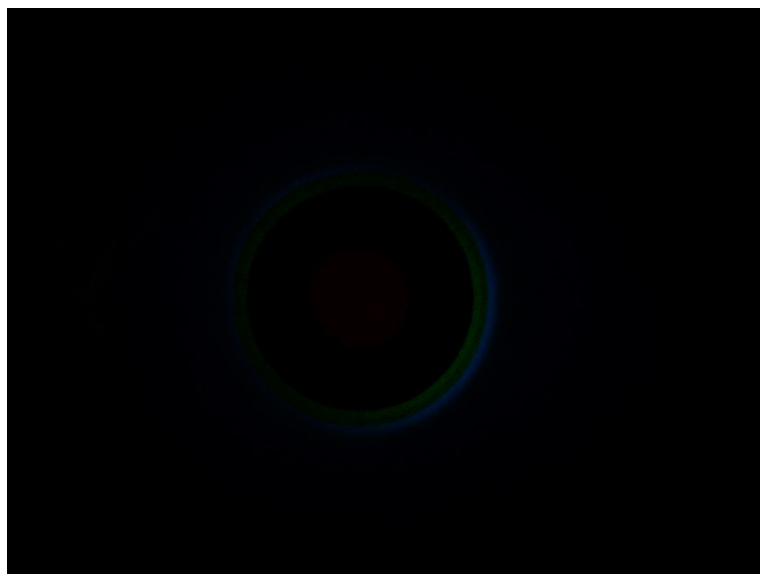
Obrázek 5.10: Rozdiel obr. 0 a 1 navinutia



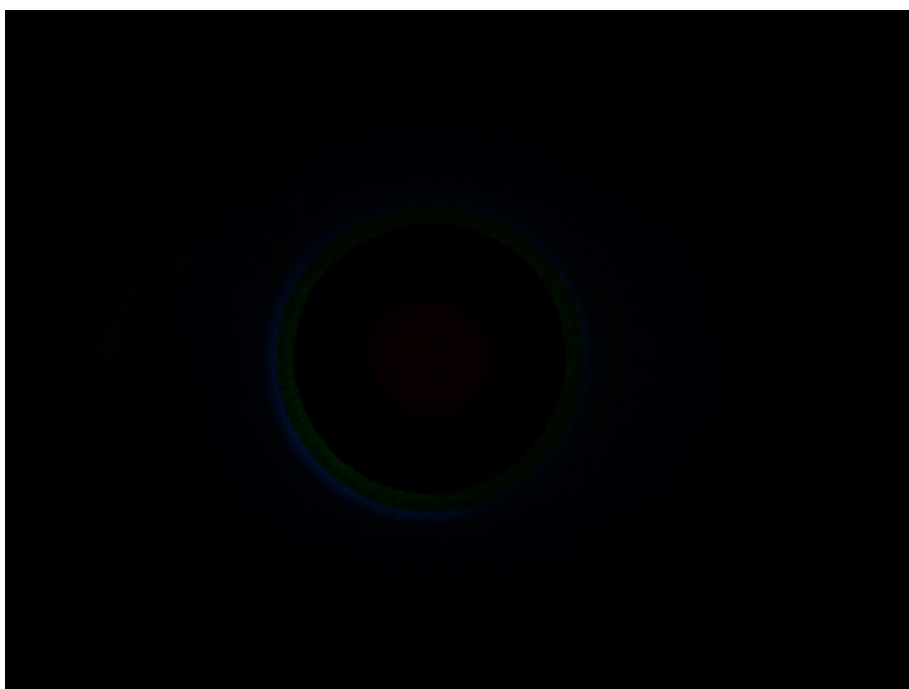
Obrázek 5.11: Rozdiel obr. 1 a 2 navinutia



Obrázek 5.12: Rozdiel obr. 2 a 3 navinutia



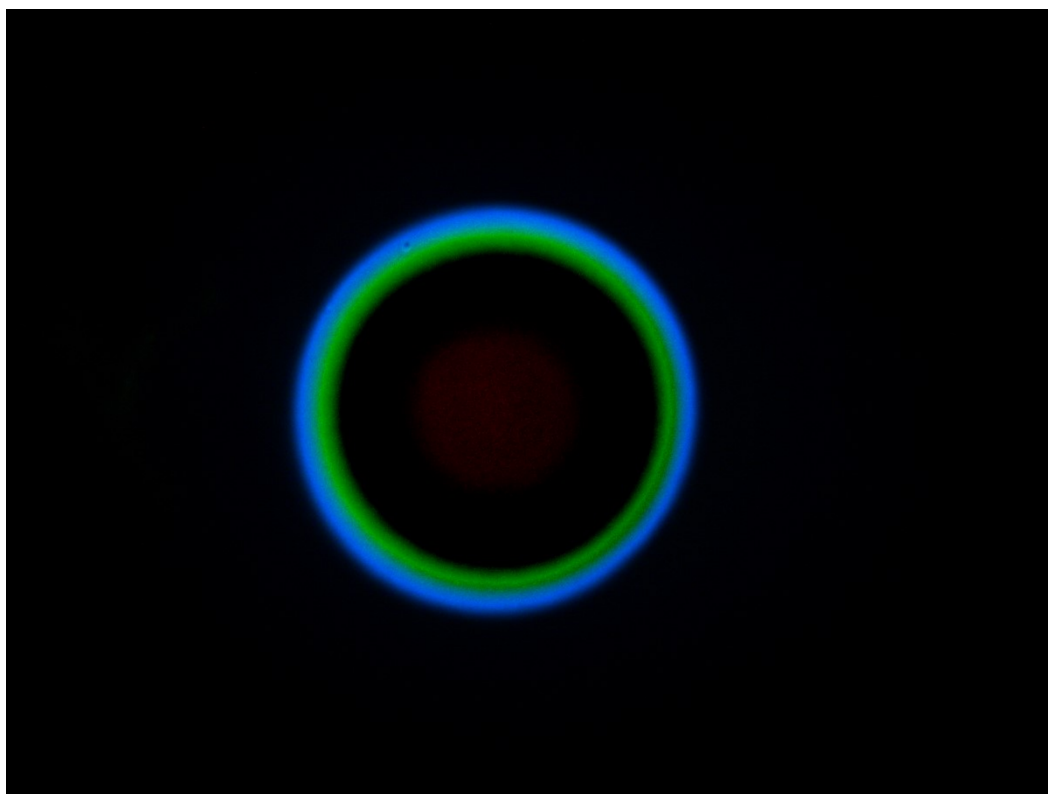
Obrázek 5.13: Rozdiel obr. 3 a 4 navinutia



Obrázek 5.14: Rozdiel obr. 4 a 5 navinuti

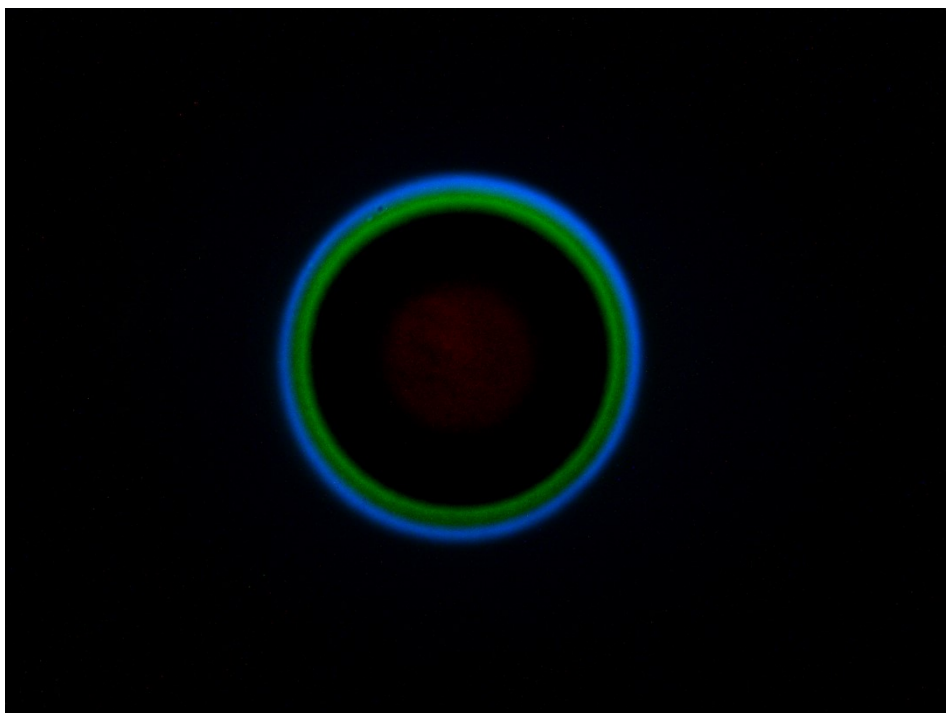
Pri sérii obrázkov 5.10 až 5.14 bol kábel namotávaný na valec s priemerom 10 mm. Na obrázku 5.10 môžeme vidieť použitú funkciu rozdiel 2 obrázkov a to obrázku svetelnej stopy kde optický kábel nebol nijako mechanicky namáhaný a druhého obrázku pri ktorom bol kábel jeden

krát namotaný (1 závit) na valci o už spomínanom priemere 10 mm. Tu môžeme pozorovať najvýraznejšie straty. Taktiež výrazne straty sú ešte pozorovateľné pri obrázku 5.11 ktorý zobrazuje rozdiel 2 obrázkov a to jedného a dvoch navinutí na valec. Obdobne to pokračuje aj ďalej až ku rozdielu obrázkov štyroch a piatich navinutí kde už nie je pozorovaná takmer žiadna zmena. Veľmi podobné chovanie môžeme pozorovať aj pri ostatných priemeroch valcoch a preto ich tu nebudem uvádzať a budú sa nachádzať v prílohe. Ďalej sa budem venovať ako vplýva priemer valca na ktorý namotávame optický kábel na straty vo vlákne.



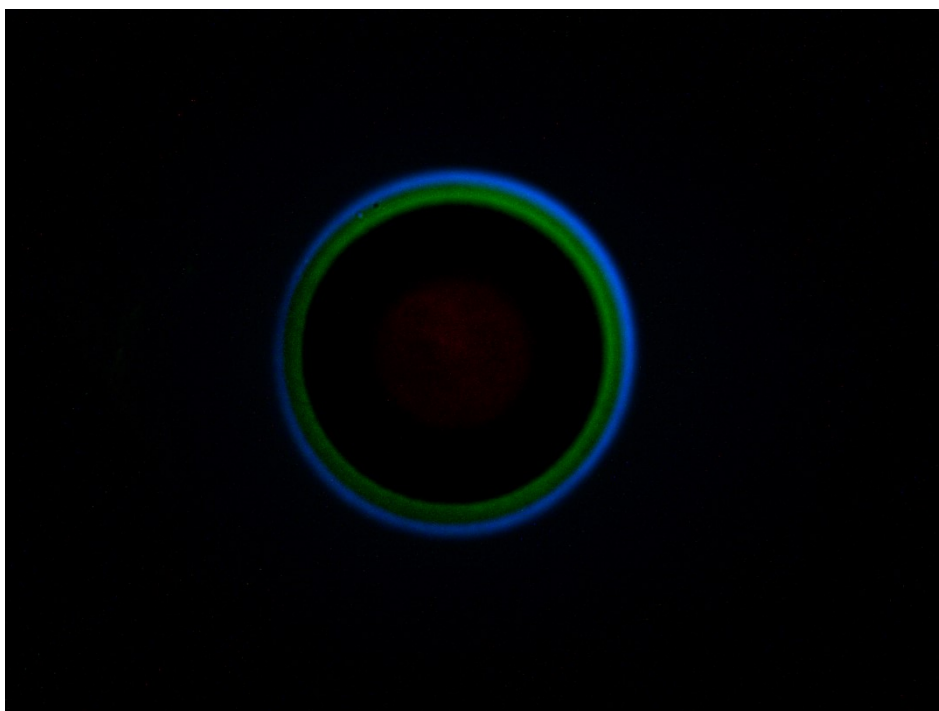
Obrázek 5.15: Rozdiel obr. 0 a 5 navinutí valec 10 mm

Na obrázku 5.15 je rozdiel 2 snímkov a to kábla ktorý nebol nijako mechanicky namáhaný a kábla ktorý bol navinutý 5 krát na valci o priemere 10 mm. Tu môžeme pozorovať pomerne výrazne straty.



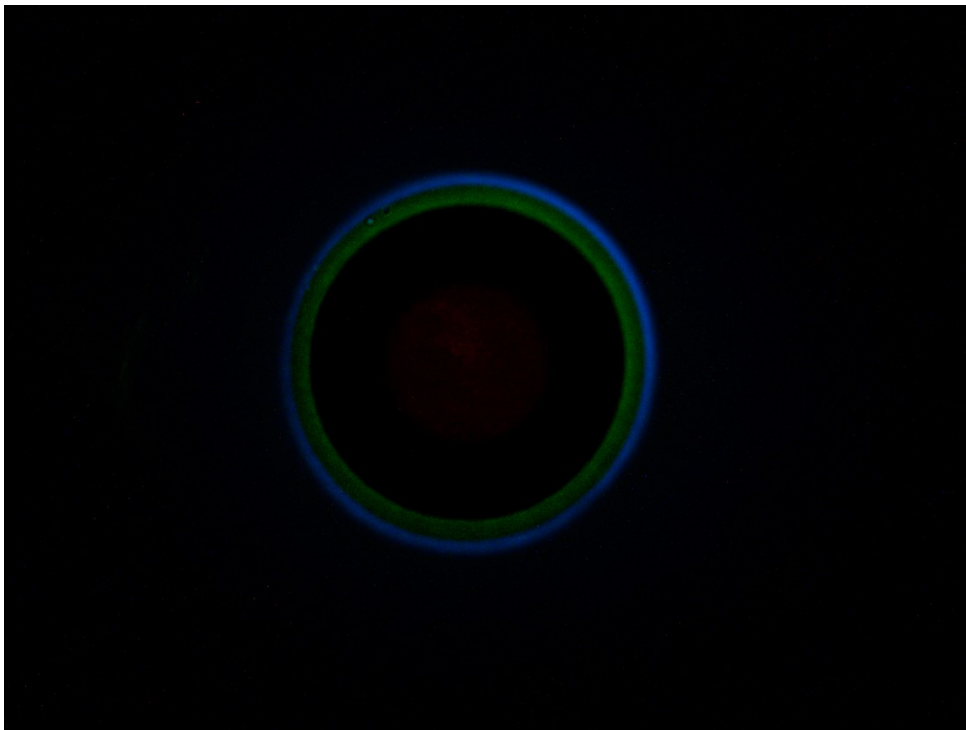
Obrázek 5.16: Rozdiel obr. 0 a 5 navinutí valec 15 mm

Na obrázku 5.16 je rozdiel 2 snímkov a to kábla ktorý nebol nijako mechanicky namáhaný a kábla ktorý bol navinutý 5 krát na valci o priemere 15 mm. Tu môžeme pozorovať už o niečo menej výrazne straty.



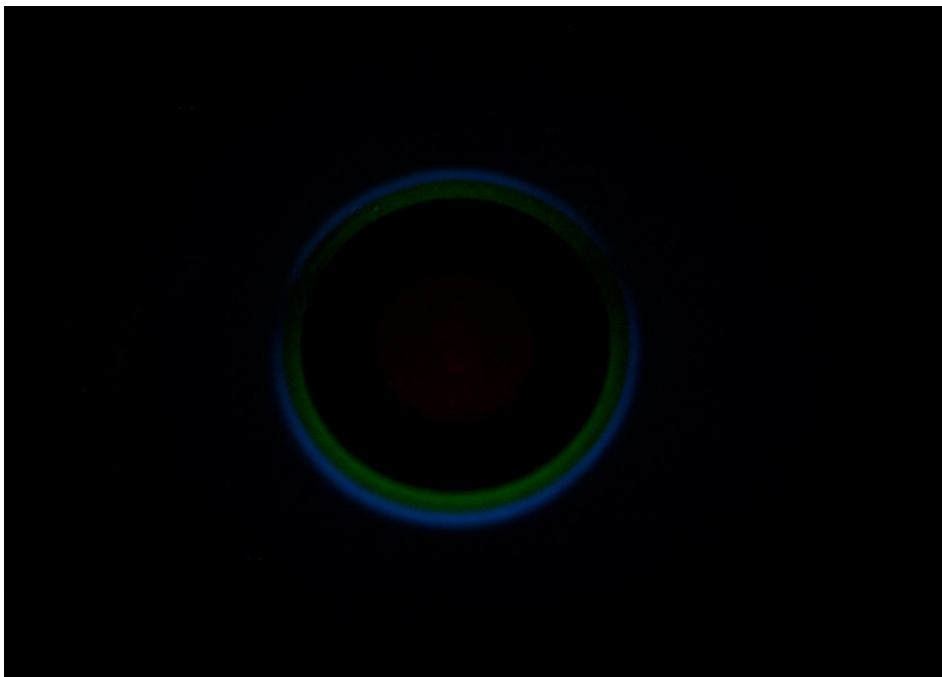
Obrázek 5.17: Rozdiel obr. 0 a 5 navinutí valec 20 mm

Na obrázku 5.17 je rozdiel 2 snímok a to kábla ktorý nebol nijako mechanicky namáhaný a kábla ktorý bol navinutý 5 krát na valci o priemere 20 mm. A znova vidíme menšiu hodnotu strát oproti káblu namotanému na priemer 15 mm.



Obrázek 5.18: Rozdiel obr. 0 a 5 navinuti valec 30 mm

Na obrázku 5.18 je rozdiel 2 snímok a to kábla ktorý nebol nijako mechanicky namáhaný a kábla ktorý bol navinutý 5 krát na valci o priemere 30 mm. Tu sú už straty pomerne malé a pri rozdielu obrázkov s 1 a 5 navinutí už nie je žiadny rozdiel z toho môžeme usúdiť že najviac svetla sa vyviaže pri prvom navinutí a pri ďalších navinutiach teda 2 a viac to nemá na straty takmer žiadny vplyv.



Obrázek 5.19: Rozdiel obr. 0 a 5 navinutí valec 40 mm

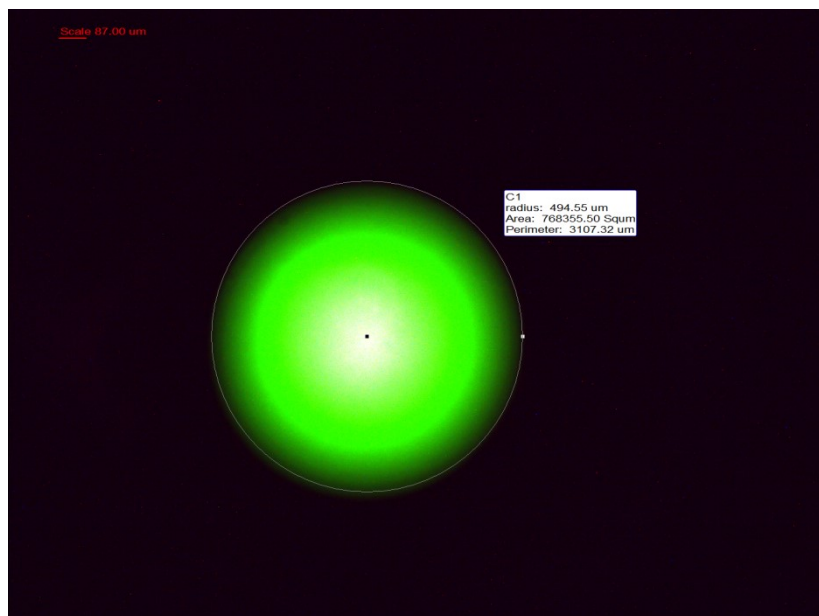
Na obrázku 5.19 je rozdiel 2 snímkov a to kábľa ktorý nebol nijako mechanicky namáhaný a kábľa ktorý bol navinutý 5 krát na valci o priemere 40 mm. Znova môžeme pozorovať o niečo menšie straty oproti predchádzajúcemu obrázku. A znova platí pri rozdielu obrázkov s 1 a 5 navinutí už nie je žiadny rozdiel z toho môžeme usúdiť že najviac svetla sa vyviaže pri prvom navinutí a pri ďalších navinutiach teda 2 a viac to nemá na straty takmer žiadny vplyv.

5.2.1 Vyhodnotenie

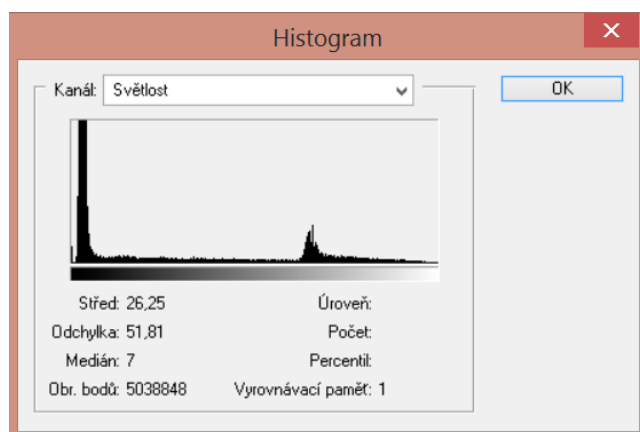
Z uvedených obrázkov môžeme jasne vidieť že najväčšie straty spôsobuje malý priemer valca v našom prípade 10 mm a s postupne sa zväčšujúcim sa priemerom tieto straty klesajú. Taktiež pozorujeme že najväčšie straty sú pri 1 až dvoch navinutiach na valec a pri vyššom počte teda 3-5 sú tieto straty oveľa menej výrazné a dá sa predpokladať že pri väčšom počte navinutí teda 5 a viac by boli výsledky obdobné.

5.3 Porovnanie vlákien 62,5/125 a 50/125 na základe úrovne prúdu

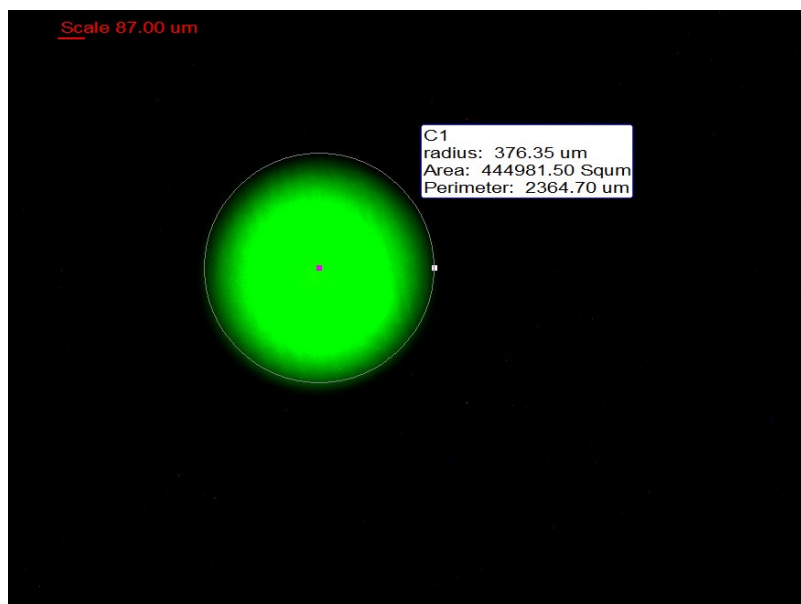
Pri tomto analyzovaní budem medzi sebou porovnávať optické vlákna s priemerom jadro/plášť 62,5/125 μm a 50/125 μm na základe prúdu ktorým je napájaná LED. Teda svetelným výkonom ktorý vstupuje do vlákna a ako jednotlivé vlákna dokážu tento výkon preniesť optickou trasou. Pri tomto porovnávaní neboli optické vlákna nijako mechanicky namáhané. Pri vyhodnocovaní som opäť použil len jednu vlnovú dĺžku 530 nm (zelená farba) pričom pri ostatných vlnových dĺžkach sú výsledky takmer rovnaké a sú uvedené v prílohe.



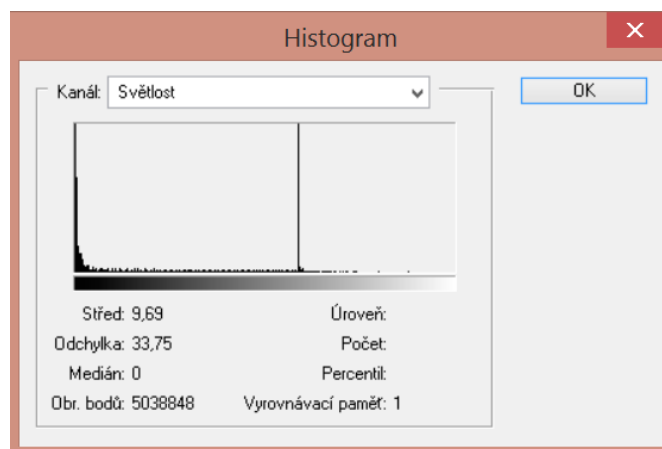
Obrázek 5.20: Zelena LED vlákno 62.5 0.25 mA



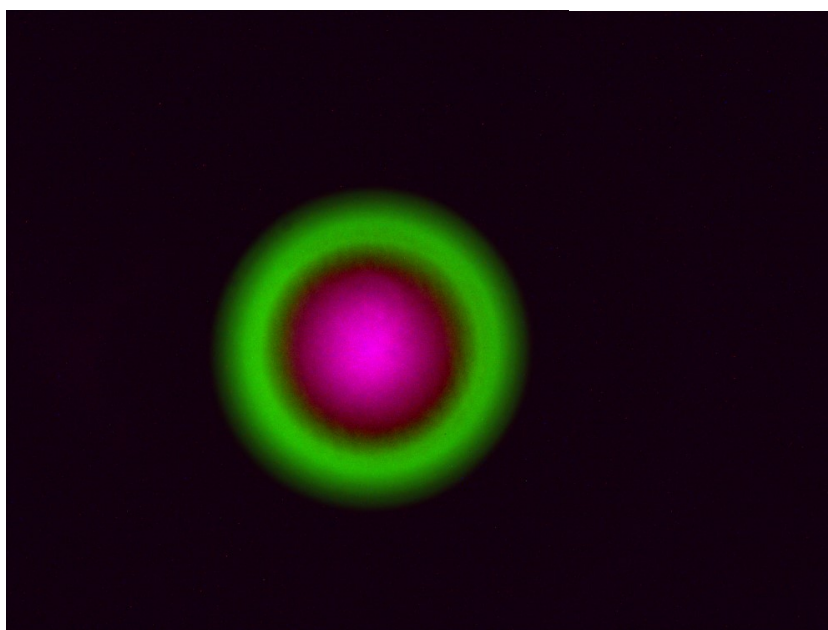
Obrázek 5.21: Histogram zelenej LED vlákno 62.5 0.25mA



Obrázek 5.22: Zelená LED vlákno 50 0.25 mA

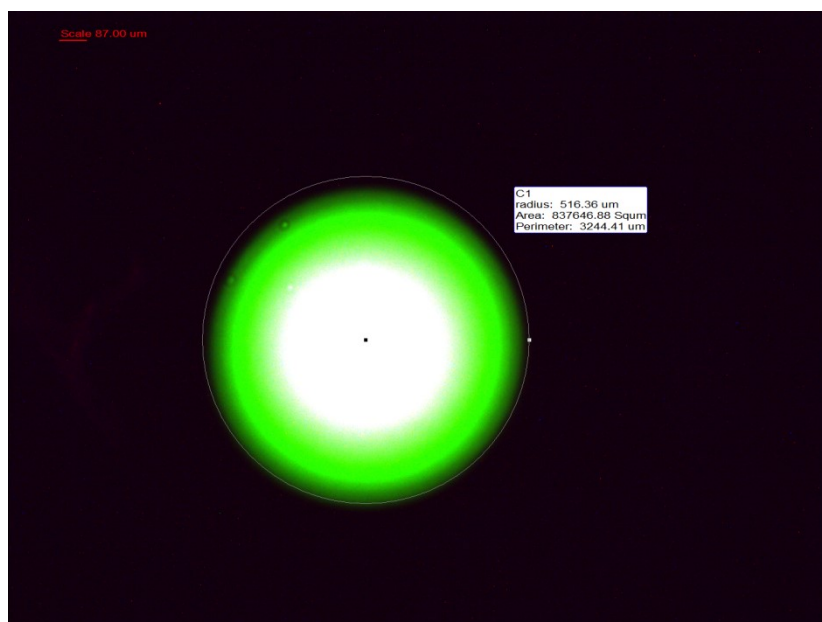


Obrázek 5.23: Histogram zelenej LED vlákno 50 0.25mA

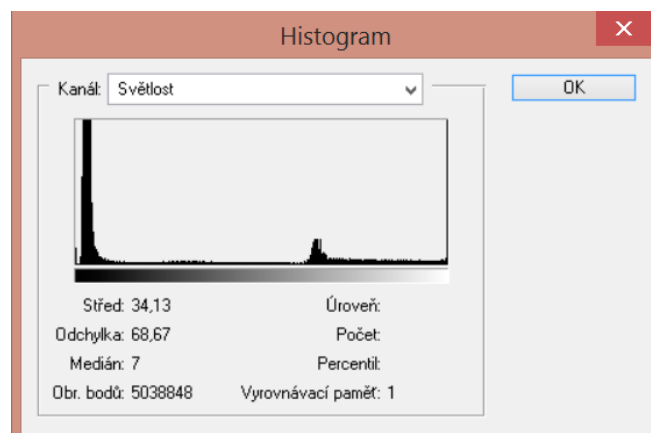


Obrázek 5.24: Rozdiel obr. 2 vlákien pri 0.25 mA

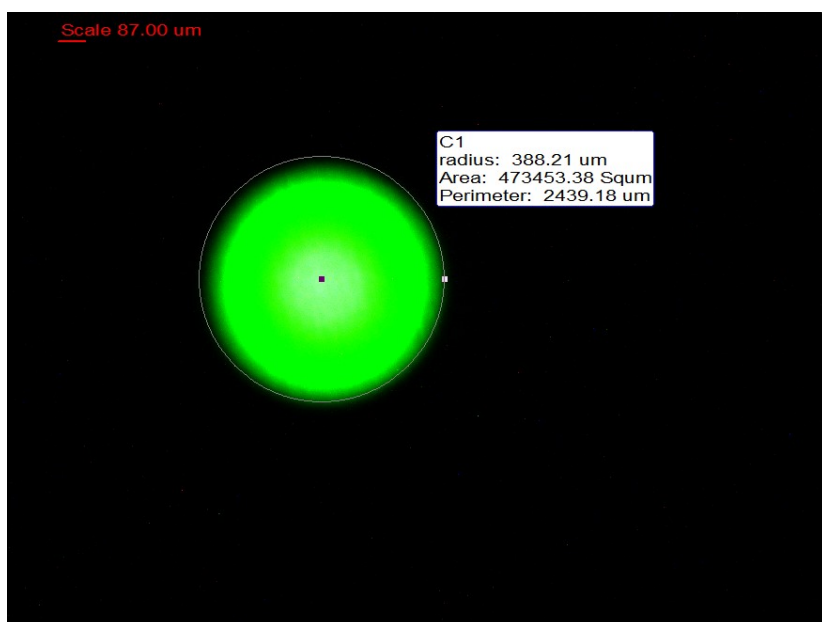
Na obrázkoch 5.20 až 5.24 som porovnával vyššie uvedené dva typy vlákien pri nulovom mechanickom namáhaní a pri prúde 0.25 mA. Teda do oboch vlákien prúdi rovnaký svetelný tok a my môžeme pozorovať zmeny pri prenose svetla. Z údajov obr. 5.21 a obr. 5.23 je zrejmé že vlákno 62.5 μm lepšie prenáša svetlo a má takmer 3 krát väčšiu priemernú hodnotu intenzity ako vlákno 50 μm . Taktiež porovnateľne väčší polomer výstupného svetelného kužela čo môžeme vidieť na obrázkoch 5.20 a 5.22. Obrázok 5.24 zobrazuje rozdielovú funkciu týchto 2 vlákien pri rovnakom prúde 0,25 mA.



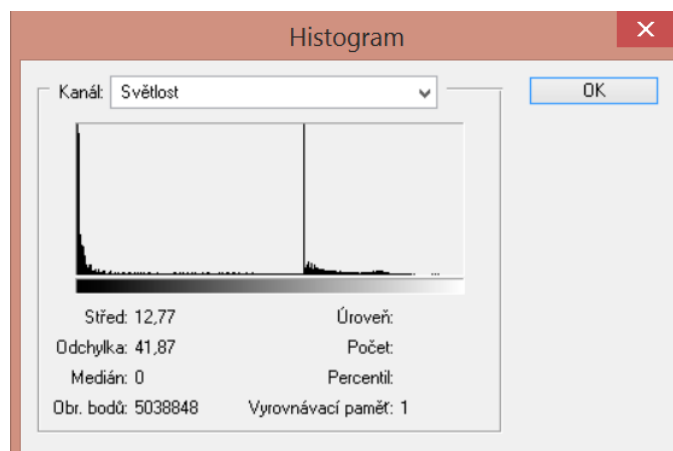
Obrázek 5.25: Zelená LED vlákno 62.5 0.5 mA



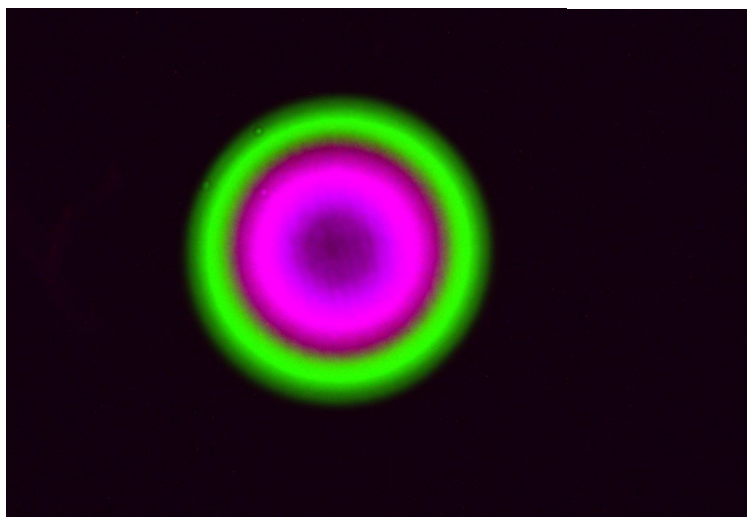
Obrázek 5.26: Histogram zelené LED vlákno 62.5 0.5mA



Obrázek 5.27: Zelená LED vlákno 50 0.5 mA

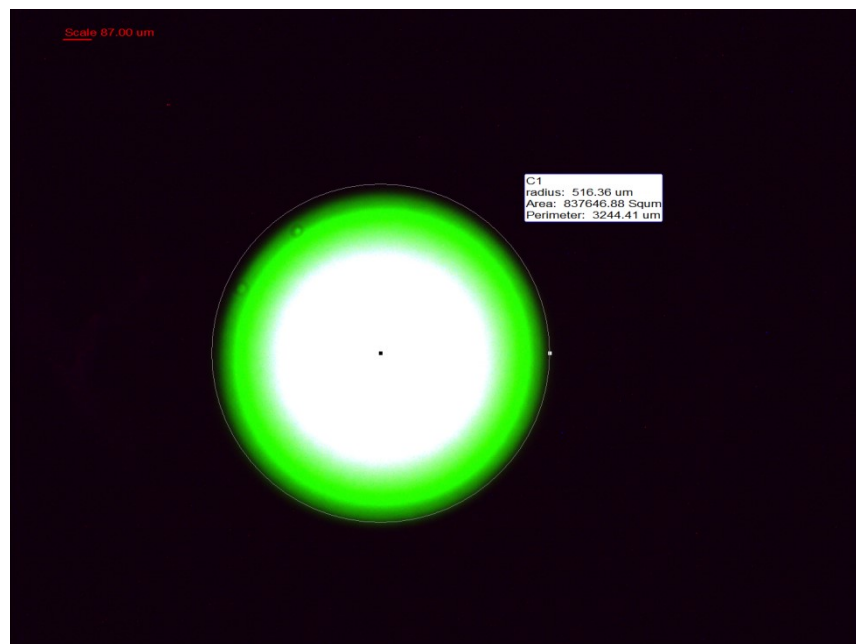


Obrázek 5.28: Histogram zelené LED vlákno 50 0.5mA

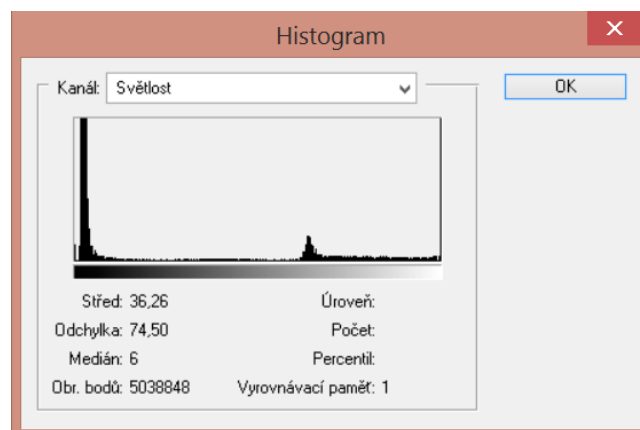


Obrázek 5.29: Rozdiel obr. 2 vlákien pri 0.5 mA

Na obrázkoch 5.25 až 5.29 som porovnával vyššie uvedené dva typy vlákien pri nulovom mechanickom namáhaní a pri prúde 0.5 mA. Teda do oboch vlákien prúdi rovnaký svetelný tok a my môžeme pozorovať zmeny pri prenose svetla. Z údajov obr. 5.26 a obr. 5.28 je zrejme že vlákno 62.5 μm lepšie prenáša svetlo a má takmer 3 krát väčšiu priemernú hodnotu intenzity ako vlákno 50 μm . No polomer výstupného svetelného kužela oboch obrázkoch 5.25 a 5.27 sa nijako výrazne nezväčšil oproti predchádzajúcemu prípadu s prúdom 0.25 mA avšak stále väčší je u vlákna 62,5 μm . Obrázok 5.29 zobrazuje rozdielovú funkciu týchto 2 vlákien pri rovnakom prúde 0,5 mA.



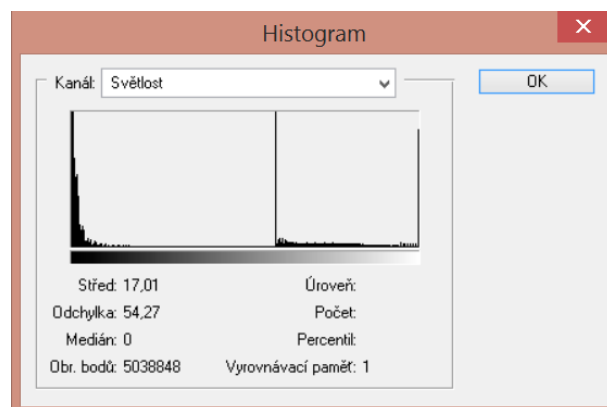
Obrázek 5.30: Zelená LED vlákno 62.5 1 mA



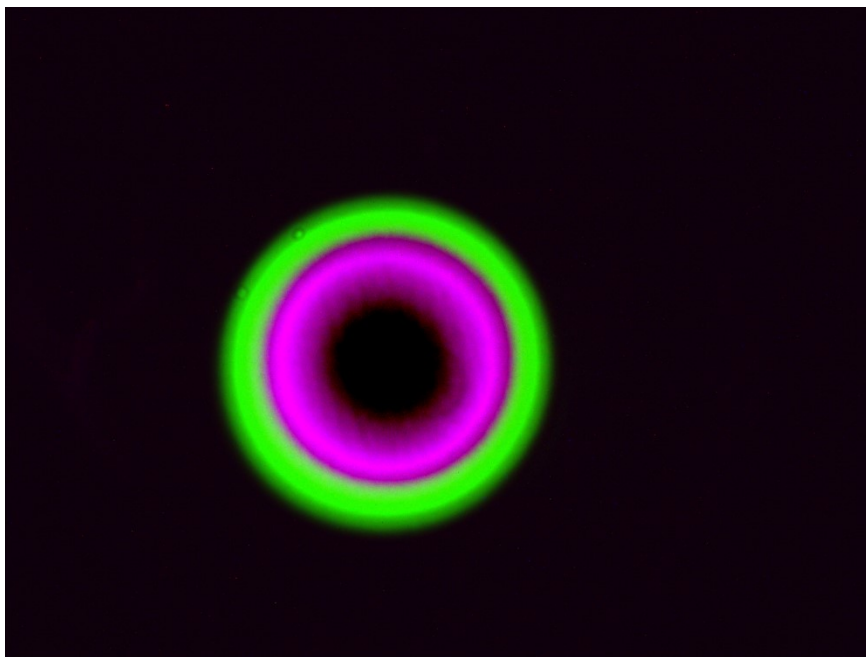
Obrázek 5.31: Histogram zelenej LED vlákno 62.5 1mA



Obrázek 5.32: Zelená LED vlákno 50 1 mA



Obrázek 5.33: Histogram zelenej LED vlákno 50 1mA



Obrázek 5.34: Rozdiel obr. 2 vlákni pri 1 mA

Na obrázkoch 5.30 až 5.34 som znova porovnával vyššie uvedené dva typy vlákien pri nulovom mechanickom namáhaní a pri prúde 1 mA. Znova môžeme vidieť takmer identické rozdielové hodnoty. Opäť vlákno 62,5 vykazuje lepšie hodnoty čo môžeme vidieť z obr. 5.31 a obr. 5.33. Obrázok 5.34 zobrazuje rozdielovú funkciu týchto 2 vlákien pri rovnakom prúde 1 mA.

5.3.1 Vyhodnotenie

Z analýzy dát môžeme vidieť že pri akomkoľvek prúde ktorým napájame LED vykazuje lepšie hodnoty prenosu svetla vlákno s priemerom jadro/plášť 62,5/125. Tieto hodnoty sa nijak výrazne nemenia ani pri ďalšom porovnávaní pri prúdoch 5 mA, 10 mA, 15 mA a 20 mA preto tu tieto výsledky nebudem uvádzať a budú sa nachádzať v prílohe.

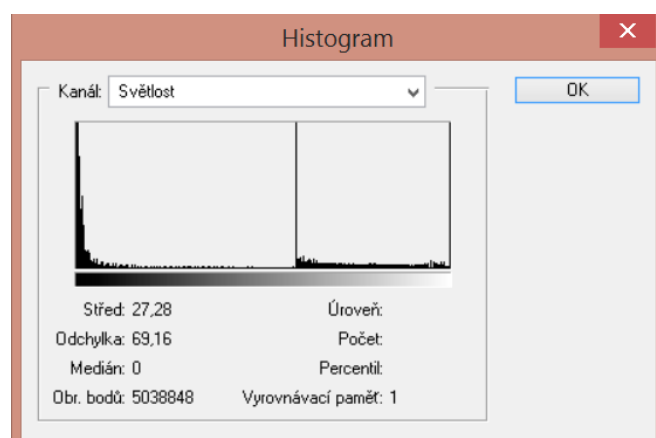
5.4 Porovnanie vlákien 62,5/125 a 50/125 na základe útlmu na ohybe

Pri tomto analyzovaní budem medzi sebou porovnávať optické vlákna s priemerom jadro/plášť 62,5/125 μm a 50/125 μm na základe útlmu na ohybe optického kábla. Toto porovnávanie bude vždy za rovnakých podmienok čiže pri rovnakom prúde, veľkosti valca na ktorom je kábel namotáný a počtom zavítou. Týmto budem sledovať ktoré vlákno je vhodnejšie pre použitie kde je potrebný väčší počet ohybov. Pri vyhodnocovaní som znova použil vlnovú dĺžku 530 nm (zelená farba) a prúd 1 mA pri ktorej sú zmeny najvýraznejšie, ostatné dáta sa nachádzajú v prílohe.

Budem sa venovať ako sa správajú jednotlivé vlákna navzájom pri rôznom počte závitov. Keďže vlákno 62,5/125 je vhodnejšie na prenos svetla použijeme dáta z predchádzajúcej kapitoly kde pri nulovom mechanickom namáhaní a pri 1 mA bol pomer svetlosti 2,67 použijeme toto ako referenčnú hodnotu. Čiže ak bude zachovaný pomer svetlosti pri rôznom počte závitov vlákna sa budú správať rovnako respektíve budú mať rovnaké vlastnosti ak nie bude jedno alebo druhé vlákno vykazovať lepšie hodnoty. Pomer svetlosti 2,67 sme dostali vydelením hodnôt priemernej hodnoty intenzity z obr. 5.26 a 5.28 $34,13/12,77=2,67$.



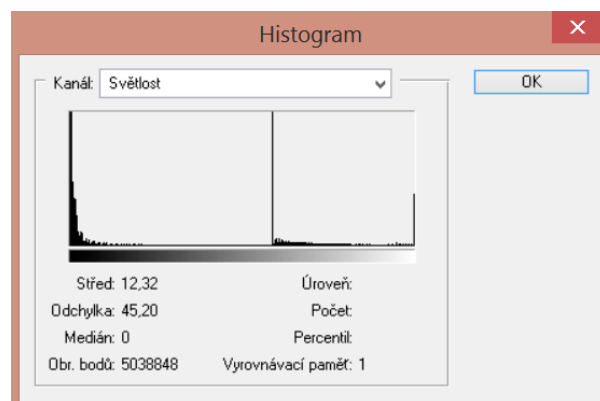
Obrázek 5.35: Vlákno 62.5 ohyb 10 mm 1 navinutie



Obrázek 5.36: Histogram vlákno 62.5 ohyb 1 cm 1 nav.

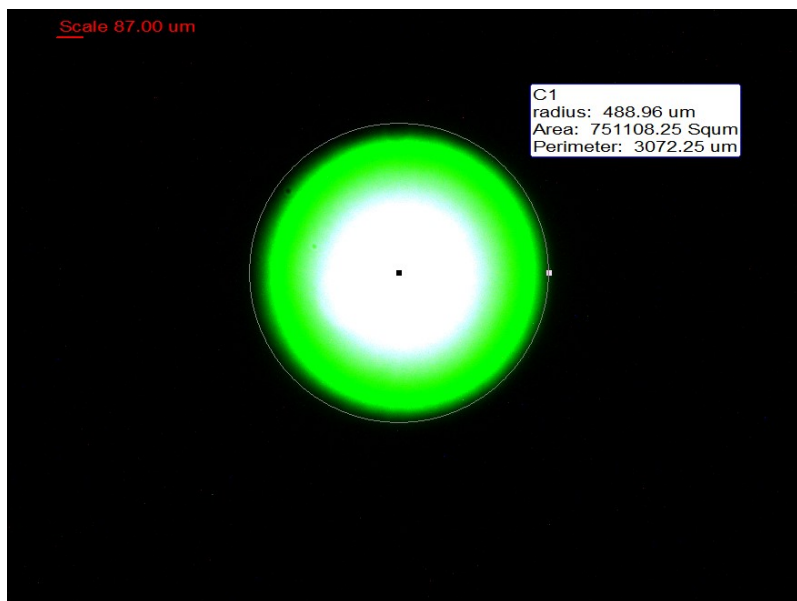


Obrázek 5.37: Vlákno 50 ohyb 10 mm 1 navinutie

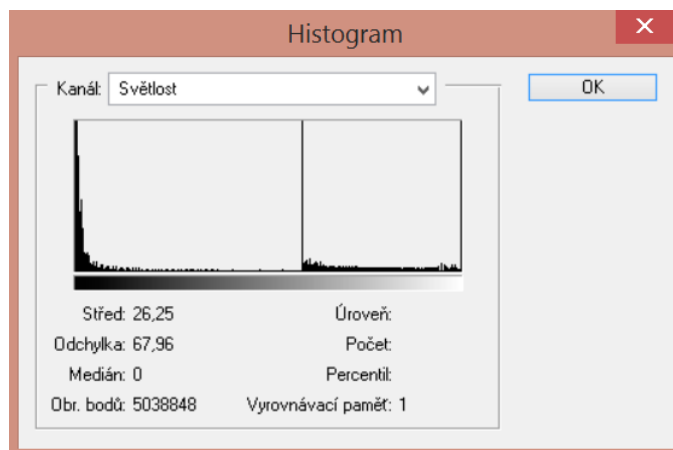


Obrázek 5.38: Histogram vlákno 50 ohyb 1 cm 1 nav.

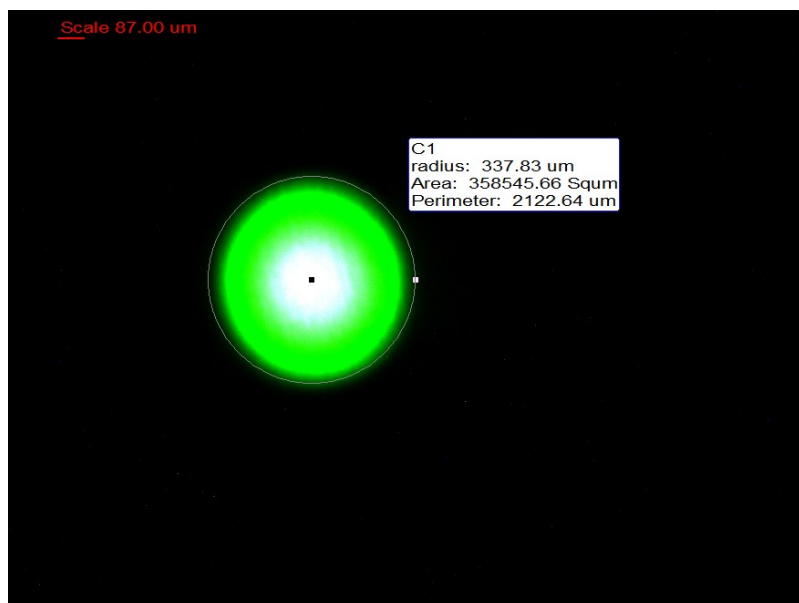
Na obrázku 5.35 máme vlákno 62,5/125 navinuté na valci o priemeru 10 mm a jedným závitom to iste platí pre vlákno 50/125 ktoré je na obrázku 5.37. Z histogramov obr. 5.36 a 5.38 odpíšeme a vydelíme priemerné hodnoty intenzity a dostaneme požadovanú hodnotu. $27,28/12,32=2,21$ čo v porovnaní s referenčnou hodnotou 2,67 dáva v tomto prípade prospech vláknu 50/125. Avšak stále lepšie celkové vlastnosti prenosu svetla vykazuje druhé vlákno.



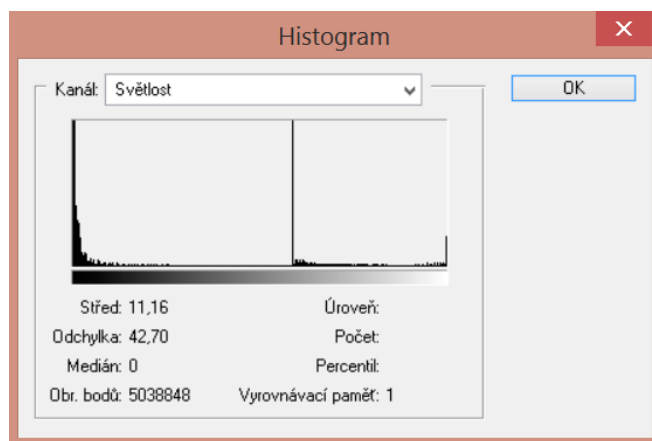
Obrázek 5.39: Vlákno 62.5 ohyb 10 mm 2 navinutia



Obrázek 5.40: Histogram vlákno 62.5 ohyb 10 mm 2 nav.



Obrázek 5.41: Vlákno 50 ohyb 10 mm 2 navinutia

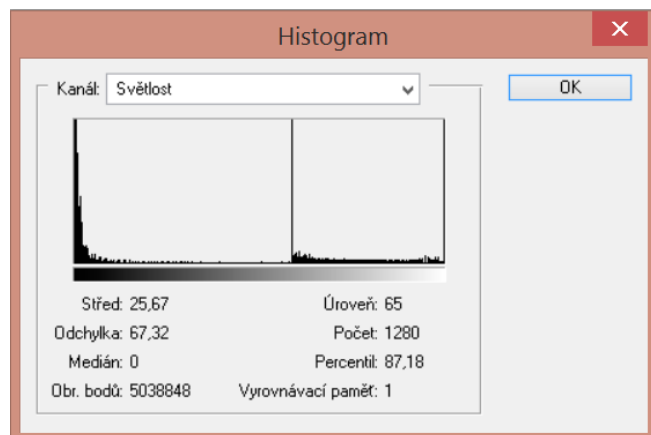


Obrázek 5.42: Histogram vlákno 50 ohyb 1 cm 2 nav.

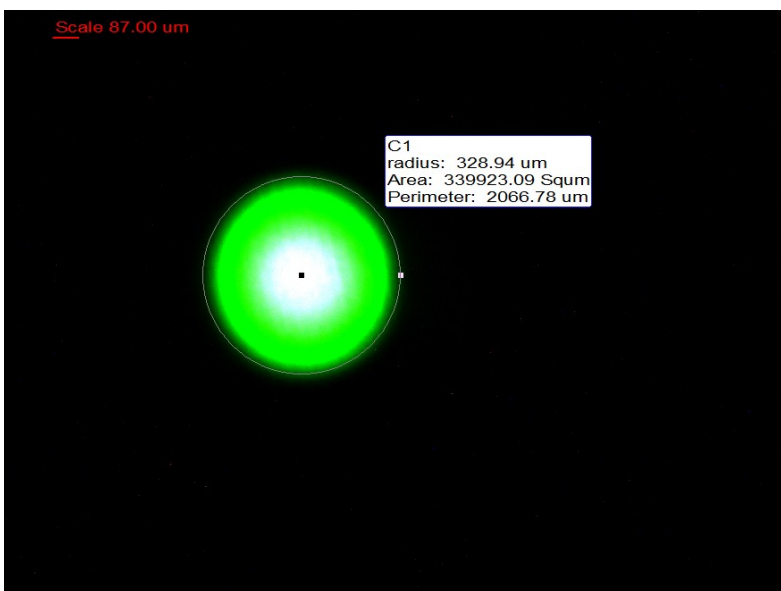
Na obrázku 5.39 máme vlákno 62,5/125 navinuté na valci o priemeru 10 mm a dvoma závitmi to iste platí pre vlákno 50/125 ktoré je na obrázku 5.41. Z histogramov obr. 5.40 a 5.42 odpíšeme a vydelíme priemerné hodnoty intenzity dostaneme požadovanú hodnotu. $26,25/11,16=2,35$ čo v porovnaní s referenčnou hodnotou 2,67 dáva v tomto prípade o niečo menší prospech vláknu 50/125 ako v predchádzajúcom prípade. Avšak stále lepšie celkové vlastnosti prenosu svetla vykazuje druhé vlákno.



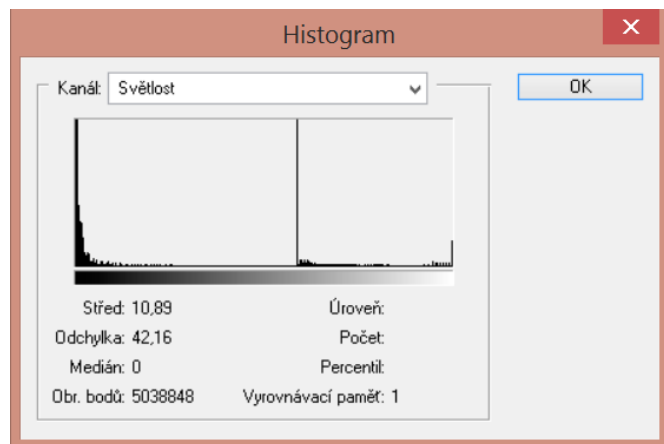
Obrázek 5.43: Vlákno 62.5 ohyb 10 mm 3 navinutia



Obrázek 5.44: Histogram vlákno 62.5 ohyb 10 mm 3 nav.



Obrázek 5.45: Vlákno 50 ohyb 10 mm 3 navinutia

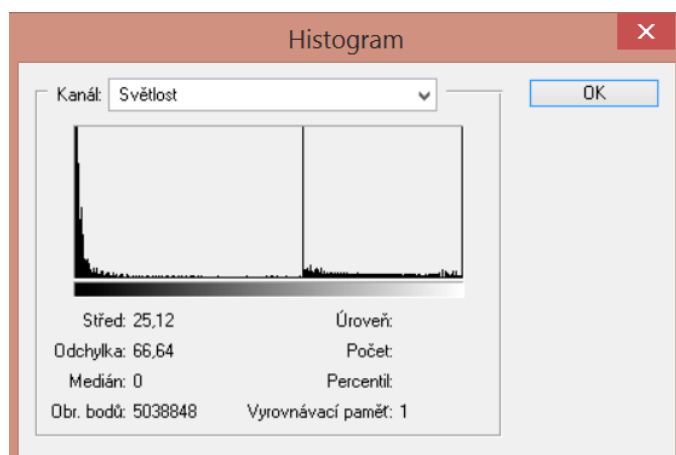


Obrázek 5.46: Histogram vlákno 50 ohyb 10 mm 3 nav.

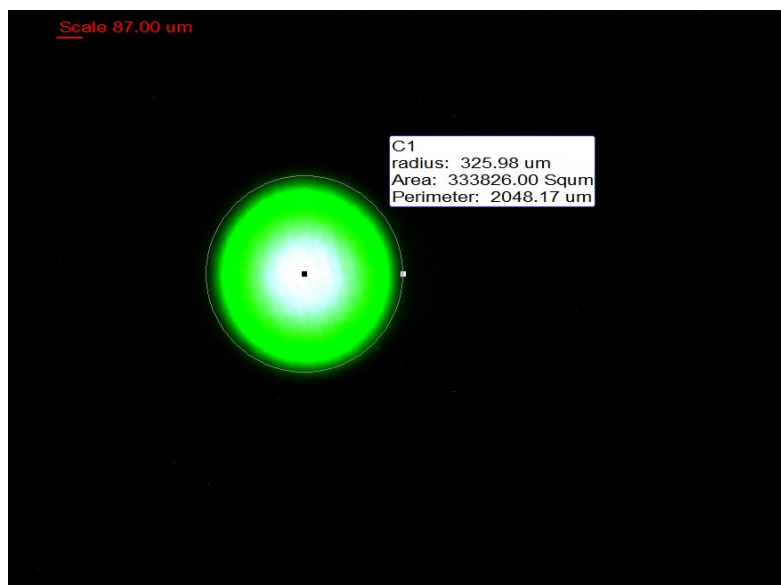
Na obrázku 5.43 máme vlákno 62,5/125 navinuté na valci o priemeru 10 mm a troma závitmi to iste platí pre vlákno 50/125 ktoré je na obrázku 5.45. Z histogramov obr. 5.44 a 5.46 odpíšeme a vydelíme priemerné hodnoty intenzity dostaneme požadovanú hodnotu. $26,25/11,16=2,35$ a vidíme že vlákno vykazuje rovnaké vlastnosti ako v predchádzajúcom prípade. Avšak stále lepšie celkové vlastnosti prenosu svetla vykazuje druhé vlákno.



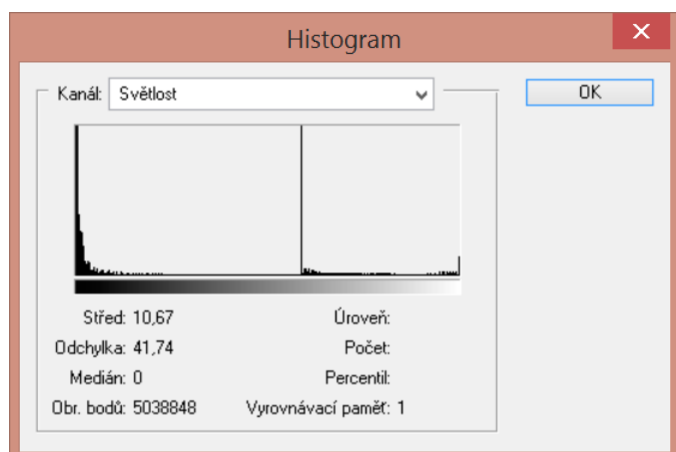
Obrázek 5.48: Vlákno 62.5 ohyb 10 mm 3 mm 4 navinutie



Obrázek 5.49: Histogram vlákno 62.5 ohyb 10 mm 4 nav.



Obrázek 5.50: Vlákno 50 ohyb 10 mm 4 navinutia



Obrázek 5.51: Histogram vlákno 50 ohyb 10 mm 4 nav.

Na obrázku 5.48 máme vlákno 62,5/125 navinuté na valci o priemeru 10 mm a štyrmi závitmi to iste platí pre vlákno 50/125 ktoré je na obrázku 5.50. Z histogramov obr. 5.49 a 5.51 odpíšeme a vydelíme priemerné hodnoty intenzity dostaneme požadovanú hodnotu. $25,12/10,67=2,35$ a vidíme že vlákno vykazuje rovnaké vlastnosti ako v predchádzajúcom prípade. Avšak stále lepšie celkové vlastnosti prenosu svetla vykazuje druhé vlákno.

5.4.1 Vyhodnotenie

Z uvedených hodnôt môžeme vyčítať že vlákno 50/125 je menej citlivé na ohyby v porovnaní s vláknom 62,5/125. Avšak vlákno 62,5/125 vykazuje celkovo lepšie vlastnosti prenosu svetla pri daných podmienkach a je vhodnejšie na prenos signálu a to platí i v tom prípade že má horšie vlastnosti prenosu svetla pri ohybe. Taktiež môžeme vidieť že pri väčšom počte závitov vlákna nemenia svoje vlastnosti a pomer ostáva zachovaný. Z tohto dôvodu som neuviedol hodnoty pri počte závitov 5 pretože je takmer isté že bude mať rovnaké vlastnosti.

5.5 Porovnanie na základe vlnovej dĺžky pri vlákne 50/125 a 62,5/125

Podobne ako pri vlákne 62,5/125 aj pri vlákne s priemerom jadro/plášť 50/125 μm vykonám analýzu dát. Prúdová úroveň je znova 0.25 mA a to z toho dôvodu že pri takomto malom prúde sú zmeny svetla v šírení vlákna najlepšie pozorovateľné. Budeme sledovať aká vlnová dĺžka je najvhodnejšia na prenos informácií. Rozoberiem takto každú jednu vlnovú dĺžku a na konci sa bude nachádzať vyhodnotenie. Taktiež tu pridám porovnanie s vláknom 62,5/125. Pri tomto porovnávaní nebol kábel nijako mechanicky namáhaný. Nasledujúca analýza prebiehala rovnakým spôsobom ako v predchádzajúcom prípade avšak z hľadiska úspory miesta uvediem len výsledky.

5.5.1 Biela LED

Hodnota polomeru svetelného kužeľa je 302 μm a priemerná hodnota intenzity je 2,82. Tieto hodnoty v porovnaní s vláknom 62,5 pri úplne rovnakých podmienkach sú podstatne horšie kde priemerná hodnota intenzity vlákna 62,5 je 8,74. Ak vydelíme tieto hodnoty $8,74/2,82$ potom vlákno 62,5 prenáša svetlo až 3-krát lepšie pri tejto farbe.

5.5.2 Červená LED

Hodnota polomeru svetelného kužeľa je 245 μm a priemerná hodnota intenzity je 0,80. Tieto hodnoty v porovnaní s vláknom 62,5 pri úplne rovnakých podmienkach sú znova podstatne horšie kde priemerná hodnota intenzity vlákna 62,5 je 4,45. Ak vydelíme tieto hodnoty $4,45/0,80$ potom vlákno 62,5 prenáša svetlo až 5,5-krát lepšie pri tejto vlnovej dĺžke.

5.5.3 Infračervená LED

Hodnota polomeru svetelného kužeľa je 200 μm a priemerná hodnota intenzity je 0,91. Tieto hodnoty v porovnaní s vláknom 62,5 pri úplne rovnakých podmienkach sú znova podstatne horšie kde priemerná hodnota intenzity vlákna 62,5 je 3,13. Ak vydělíme tieto hodnoty $3,13/0,91$ potom vlákno 62,5 prenáša svetlo až 3,4-krát lepšie pri tejto vlnovej dĺžke. Ďalším rozdielom je fakt že vlnová dĺžka 850 nm je vhodnejšia na prenos signálu v porovnaní s červenou farbou. Toto pozorujem z priemernej hodnoty intenzity. Pri tejto LED dióde je jej napájanie 50 mA čo je najnižšia hodnota pri akej ešte tato dióda svieti.

5.5.4 Modrá LED

Hodnota polomeru svetelného kužeľa je 375 μm a priemerná hodnota intenzity je 6,14. Tieto hodnoty v porovnaní s vláknom 62,5 pri úplne rovnakých podmienkach sú znova podstatne horšie kde priemerná hodnota intenzity vlákna 62,5 je 10,65. Ak vydělíme tieto hodnoty $10,65/6,14$ potom vlákno 62,5 prenáša svetlo až 1,7-krát lepšie pri tejto vlnovej dĺžke.

5.5.5 Zelená LED

Hodnota polomeru svetelného kužeľa je 377 μm a priemerná hodnota intenzity je 9,69. Tieto hodnoty v porovnaní s vláknom 62,5 pri úplne rovnakých podmienkach sú znova podstatne horšie kde priemerná hodnota intenzity vlákna 62,5 je 16,41. Ak vydělíme tieto hodnoty $16,41/9,69$ potom vlákno 62,5 prenáša svetlo až 1,6-krát lepšie pri tejto vlnovej dĺžke.

5.5.6 Vyhodnotenie

Z daných hodnôt môžeme vyčítať že na prenos signálu v optickom vlákne 50/125 je najvhodnejšia vlnová dĺžka 530 nm a teda zelená farba čiže rovnako ako tomu je u vlákna 62,5. A znova vidíme rovnaký jav kde polomer kužeľa je nepatrne väčší ako u modrej LED (rovnako tomu bolo aj pri vlákne 62,5/125) avšak priemerná hodnota intenzity obrázku je väčšia. Za ňou nasleduje vlnová dĺžka 460 nm (modrá farba) a ďalšie biela, infračervená (850 nm), červená (700 nm). Pri porovnávaní jednotlivých vlákien zisťujem že usporiadanie vlnových dĺžok je rovnaké až na infračervenú ktorá bola pri vlákne 62,5/125 na poslednom mieste no pri vlákne 50/125 je na predposlednom mieste.

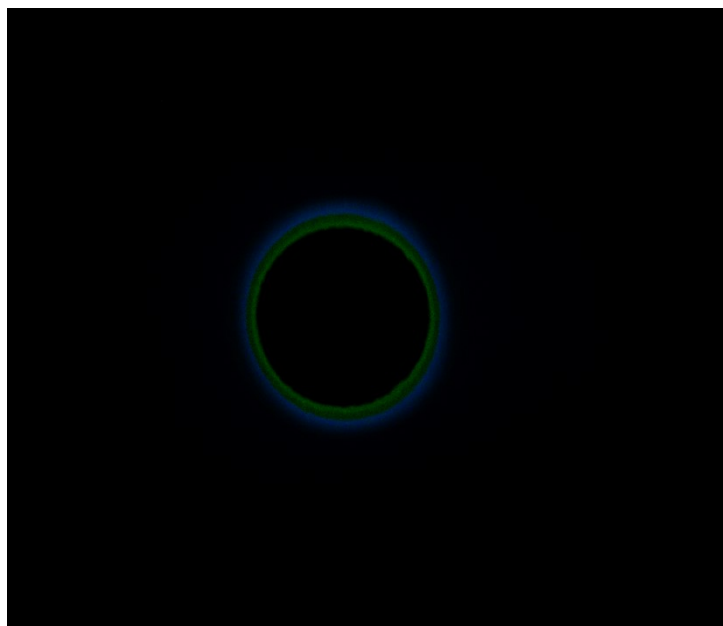
5.6 Porovnanie na základe zakrivenia pri vlákne 50/125 a 62,5/125

Pri tomto porovnávaní bolo použité vlákno s priemerom jadro/plášť 50/125 μm , úroveň prúdu je 1 mA a vlnová dĺžka je 460 nm (modrá farba). Čiže rovnaké hodnoty ako pri vlákne 62,5/125 a teda ich môžem porovnávať medzi sebou pri rovnakých podmienkach. Pri ostatných úrovniach prúdu a ďalších vlnových dĺžkach sú výsledky obdobné a sú uvedené v prílohe. V tejto časti sa budem zaoberať vplyvom mechanického namáhania na prenos svetla optickým vláknom. Optický kábel som namotával na valce o priemeroch 10 mm, 15 mm, 20 mm, 30 mm,

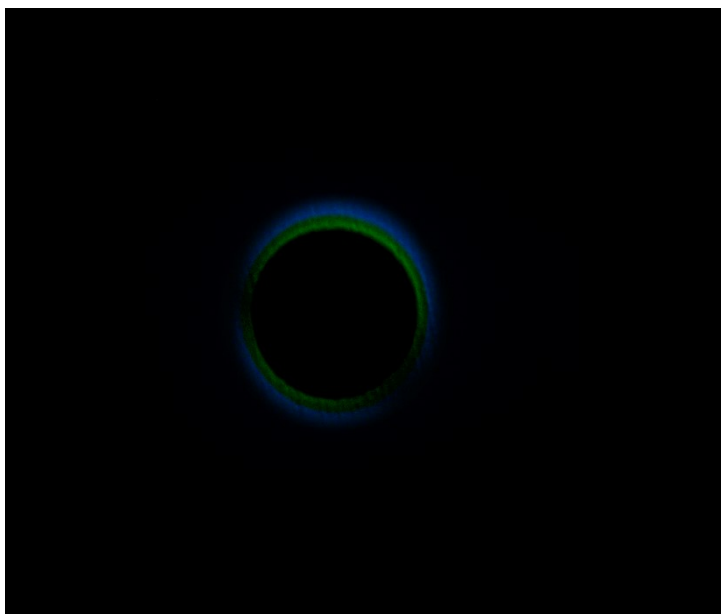
40 mm. V tejto kapitole je používaná funkcia odčítania 2 obrázkov ktorá umožňuje porovnávať farebné informácie v jednotlivých kanáloch a odčíta ich od seba.



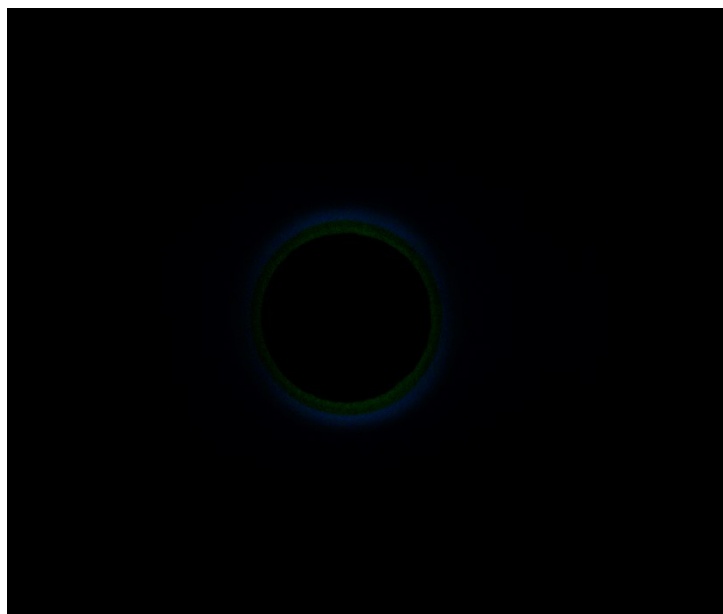
Obrázek 5.52: Rozdiel obr. 0 a 1 navinutia



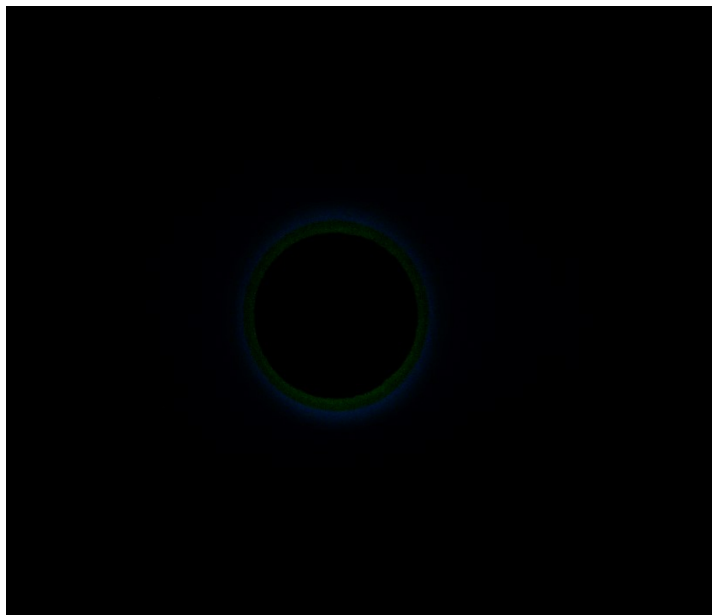
Obrázek 5.53: Rozdiel obr. 1 a 2 navinutí



Obrázek 5.54: Rozdiel obr. 2 a 3 navinutí

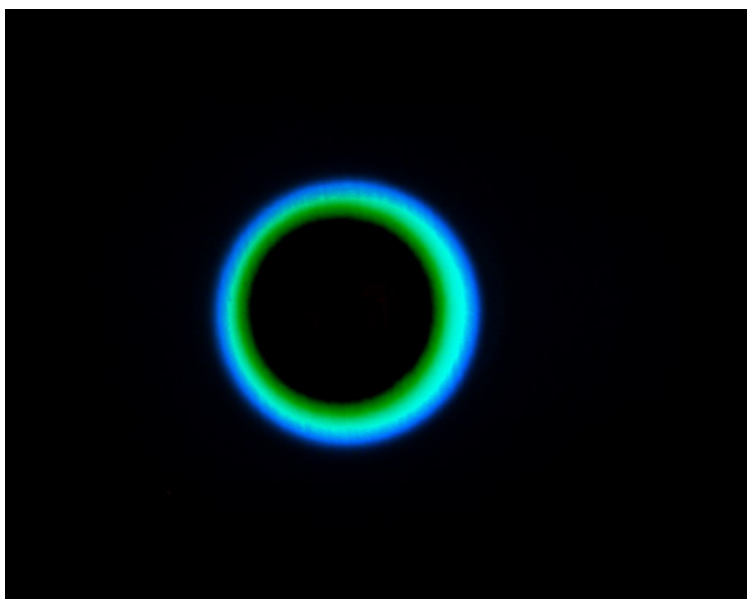


Obrázek 5.55: Rozdiel obr. 3 a 4 navinutí

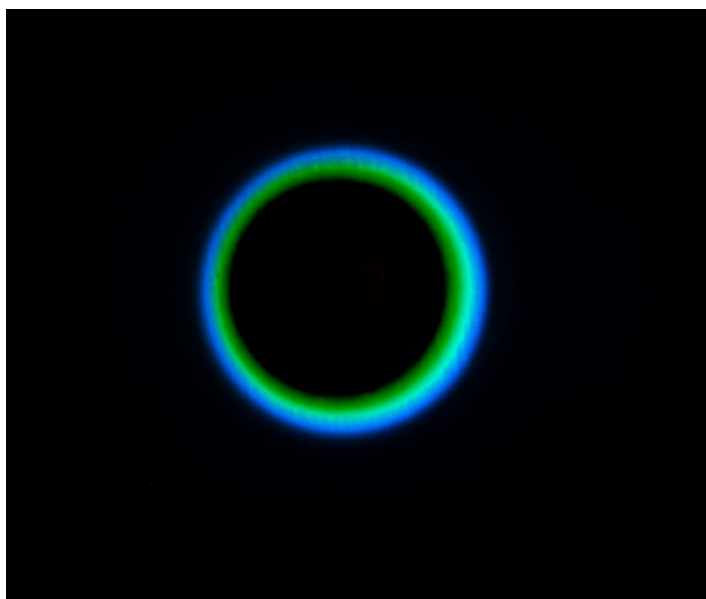


Obrázek 5.56: Rozdiel obr. 4 a 5 navinutí

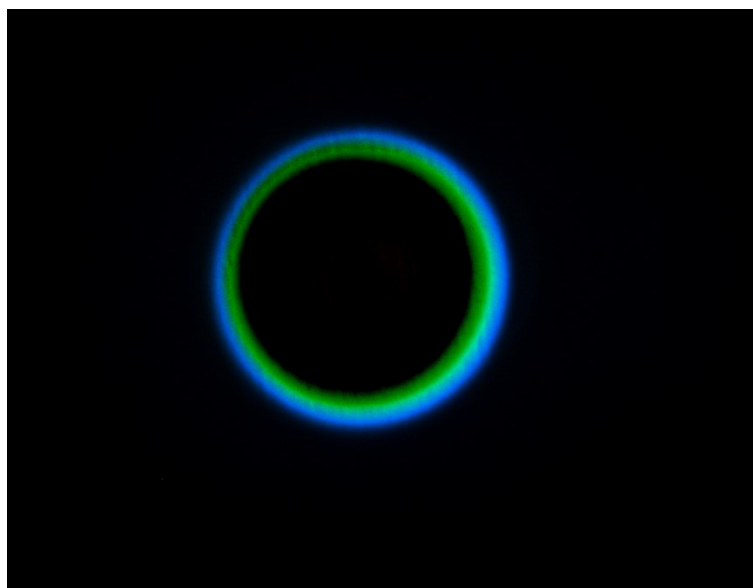
Pri sérii obrázkov 5.52 až 5.56 bol kábel namotávaný na valec s priemerom 10 mm. Na obrázku 5.52 môžeme vidieť použitú funkciu rozdiel 2 obrázkov a to obrázku svetelnej stopy kde optický kábel nebol nijako mechanicky namáhaný a druhého obrázku pri ktorom bol kábel jeden krát namotaný (1 závit) na valci o už spomínanom priemere 10 mm. Tu môžeme pozorovať najvýraznejšie straty. Taktiež výrazne straty sú ešte pozorovateľné pri obrázku 5.53 ktorý zobrazuje rozdiel 2 obrázkov a to jedného a dvoch navinutí na valec. Veľmi podobné zmeny sú viditeľné aj pri obrázku 5.54. Tento útlm postupne narastá. Obdobne to pokračuje aj ďalej až ku rozdielu obrázkov štyroch a piatich navinutí kde už nie je pozorovaná takmer žiadna zmena. Veľmi podobný priebeh sme pozorovali aj pri vlákne 62,5/125. Taktiež obdobné chovanie môžeme pozorovať aj pri ostatných priemeroch valcoch a preto ich tu nebudem uvádzať a budú sa nachádzať v prílohe. Ďalej sa budem venovať ako vplýva priemer valca na ktorý namotávame optický kábel na straty vo vlákne.



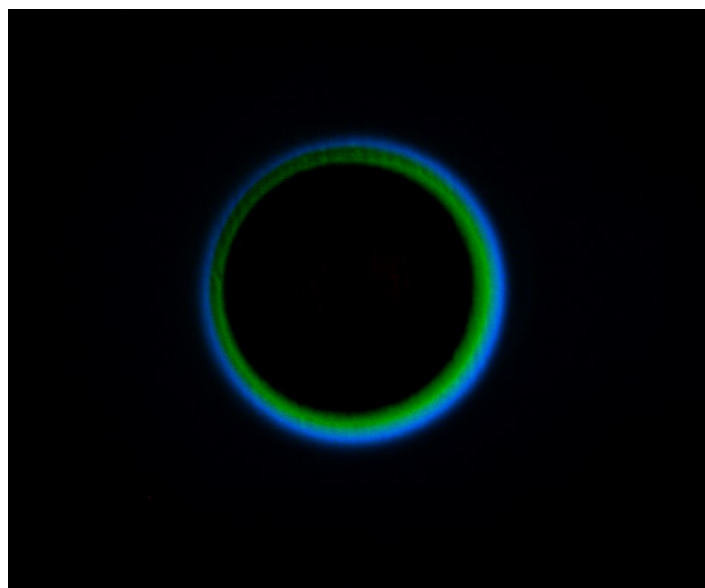
Obrázek 5.57: Rozdiel obr. 0 a 5 navinutí valec 10 mm



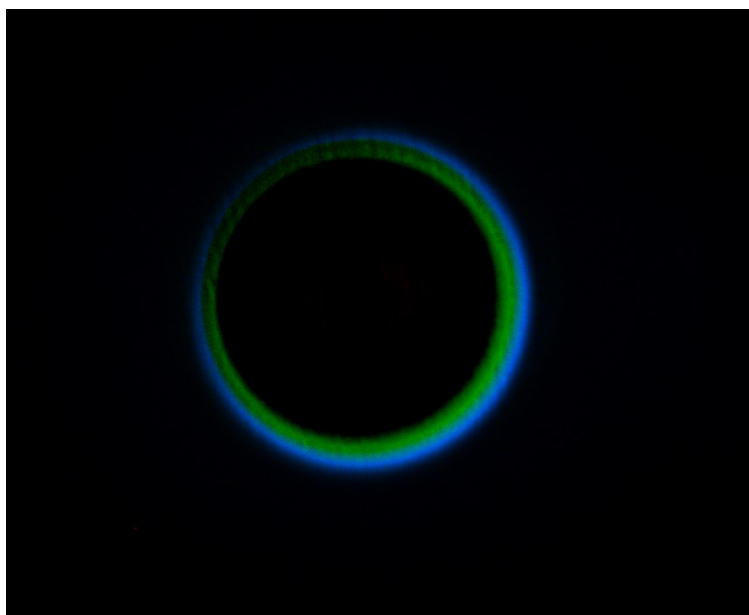
Obrázek 5.58 Rozdiel obr. 0 a 5 navinutí
valec 15 mm



Obrázek 5.59: Rozdiel obr. 0 a 5 navinutí valec 20 mm



Obrázek 5.60: Rozdiel obr. 0 a 5 navinutí valec 30 mm



Obrázek 5.61: Rozdiel obr. 0 a 5 navinutí valec 40 mm

Na všetkých obrázkoch je rozdiel 2 snímok a to kábla ktorý nebol nijako mechanicky namáhaný a kábla ktorý bol navinutý 5 krát na valcoch s priemerom 10 mm, 15 mm, 20 mm, 30 mm, 40 mm. Na obrázku 5.57 môžeme vidieť najväčšie straty pretože sme ho namotávali na valec s priemerom 10 mm. Postupne so zväčšujúcim sa priemerom straty klesali. Tieto straty pomerne lineárne klesali. V porovnaní s vláknom 62,5/125 pri priemere valca 40 mm kde boli straty minimálne môžeme vidieť že pri vlákne 50/125 sú ešte pomerne výrazne. Pri tomto meraní by bolo ešte potrebné doplniť ohýbanie o ďalšie väčšie priemery valcov a pozorovať pri akom sú straty takmer nepozorovateľné.

Záver

Cieľom tejto bakalárskej práce bolo vykonať viacúčelové meranie na kvázi-jednovidových vláknach. Skúmal som vlastnosti šírenia svetla pri rôznych podmienkach kde som podporoval práve viacvidový režim optického vlákna. Pred uskutočnením merania bolo však potrebné najskôr zostaviť systém pre fotografický záznam svetelnej stopy optickým mikroskopom. Tento systém sa skladal z napájacieho zdroja a stolného multimetra pomocou ktorého som napájal a sledoval prúd respektíve výkon vtekajúci do LED diódy. Pre nadviazanie optického výkonu som použil stojany a držiaky od spoločnosti THORLABS. Optické vlákno bolo namotávané na valce o rôznych priemeroch ktoré boli vysústružene z dreva. Druhý koniec optického vlákna bol pripojený k držiaku na optické konektory ktorý bol vyrezaný z hliníkového plechu. Tento koniec smeroval do vstupu mikroskopu a bol snímaný digitálnou kamerou. Obráz z kamery sa prenášal cez USB zbernicu do počítača. Na ovládanie kamery bol použitý špecializovaný softvér. Po zostavení experimentálneho pracoviska bolo vykonané meranie. Boli skúmané dve optické vlákna a to s priemerom jadro/plášť 62,5/125 a 50/125. Tieto vlákna boli nasvecované super svietivými LED diódami s rôznymi vlnovými dĺžkami pričom každá vykazovala iné vlastnosti. Tieto diódy boli napájané rôznymi prúdmi z rozsahu 0,25 mA až 20 mA. Meranie bolo veľmi náročné z hľadiska čistoty a správneho nadviazania svetla do mikroskopu kde aj najmenší posuv križového stolíka pri 50-násobnom zväčšení predstavoval absolútnu stratu obrazu výstupu optického vlákna. Taktiež veľmi dôležité bolo správne zaostrenie na výstupný kužeľ svetelného lúča. Zvlášť nepríjemne bolo toto meranie pri skúmaní vlastností v infračervenej oblasti pretože toto spektrum je voľným okom neviditeľné a teda bolo potrebné kontrolovať kamerou či dióda LED vôbec svieti. Túto LED bolo treba napájať inými výkonmi ako pri ostatných diódach. Pri subjektívnom hodnotení vplyvu mechanického namáhania na optické vlákno bolo taktiež pozorované že na odolnosť voči ohybu vpláva aj kvalita optického kábla. Kábel s priemerom jadro/plášť 62,5/125 μm bol pomerne húževnatý a bolo celkom problém ho obtočiť na malý polomer ohybu. Naproti tomu kábel s priemerom jadro/plášť 50/125 μm bolo veľmi poddajné a dokonca sa pri použití väčšej sily dalo „zlomiť“ približne do 40 ° uhlu. A práve toto mohlo mať vplyv na skreslenie merania.

Po vykonaní merania boli tieto výsledky spracované. Z hľadiska úspory miesta som vybral len niektoré vlastnosti či porovnania a veľká časť tejto práce sa nachádza v prílohe. Ako najvhodnejšia vlnová dĺžka z hľadiska prenosu informácií pri oboch vláknach sa javí 530 nm (zelená farba). Vláknko 62,5/125 bolo pri navinutí väčšieho počtu zavitou už takmer necitlivé a teda najviac výkonu sa vyviazalo pri 1 až 2 navinutiach a pri väčšom počte to na vlákno nemalo zásadný vplyv. Podobne tomu bolo aj pri druhom vlákne. Celkovo lepšie vlastnosti prenosu svetelného výkonu vykazovalo vlákno 62,5/125 pričom boli skúmané vlastnosti pri rôznych vstupných výkonoch. Na ohyb bolo menej citlivé vlákno 50/125 no z celkového hľadiska aj napriek tomuto zisteniu je vlákno 62,5/125 vhodnejšie.

V budúcnosti pri rozširovaní práce by bolo možné spracovať ostatné výsledky a zistiť prečo sa jednotlivé javy stali a aké procesy prebiehajú v danom optickom vlákne.

Použitá literatura

- [1] TECHNICKÁ LITERATÚRA BEN. Optoelektronika a optoelektronické prvky. Praha: BEN, 2005. ISBN 80-7300-184-5.
- [2] Vizualizace modových polí v blízkosti normalizované frekvence. Ostrava, 2007 Teze. VŠB – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA.
- [3] STUDIUM VAZEBNÍCH PODMÍNEK PRO KVAZI JEDNOVIDOVÁ OPTICKÁ VLÁKNA. Ostrava, 2012. Diplomová práce. VŠB – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA.
- [4] PODSTAWKA, Pavel. Vytvoření optické sítě pro nácvik měření. Ostrava, 2011. Bakalářská práce. VŠB – Technická univerzita Ostrava.
- [5] ŽINČÍK, Petr. STUDIUM VAZEBNÍCH PODMÍNEK PRO KVAZI JEDNOVIDOVÁ OPTICKÁ VLÁKNA. Ostrava, 2012. Diplomová práce. VŠB – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA.
- [6] SKAPA, Jan. Optická vlákna v blízkosti normalizované frekvence jednomodového režimu jako přenosová prostředí pro telekomunikace a optické vláknové senzory. Ostrava, 2008. Dizertační práce. VŠB-Technická univerzita Ostrava.
- [7] PRŮMYSLOVÝ MIKROSKOP ARSENAL. [online]. Dostupné z: <http://www.mikroskopy-arsenal.cz/products/prumyslovy-mikroskop-primy-s-nekonecnou-optikou-lpt-3113ia-t/>
- [8] DIGITÁLNÍ KAMERY ARSENAL. [online]. Dostupné z: <http://www.mikroskopy-arsenal.cz/products/digitalni-kamera-cmos-550-5-0-mpix-/>
- [9] Adobe Photoshop. [online]. 2013 Dostupné z: http://sk.wikipedia.org/wiki/Adobe_Photoshop

Zoznam príloh

Príloha A: Namerané hodnoty na Blu ray

Súčasťou BP je Blu ray.